

Software para la detección y extinción de incendios forestales

Victor Hugo Medina García

Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia, vmedina@udistrital.edu.co

Juan Manuel Cueva Lovelle

Universidad de Oviedo, Oviedo, España, cueva@uniovi.es

Rubén González Crespo

Universidad Pontificia de Salamanca, Madrid, España, ruben.gonzalez@upsam.net

Enrique Torres Franco

Universidad Pontificia de Salamanca, Madrid, España, enrique.torres@upsam.net

RESUMEN

Este artículo muestra las tecnologías más usadas en la actualidad de aplicaciones de detección de incendios forestales y extinción. Veremos los distintos métodos que usan las aplicaciones que hay en el mercado y ejemplos de ellas. Además se exponen muy brevemente cuestiones básicas sobre los parámetros más influyentes a la hora de la extinción de un incendio. Por último, después de todas las tecnologías expuestas, hacemos una propuesta de un sistema inteligente, que agrupa tanto la detección como la extinción de incendios forestales.

Palabras Clave: Sistemas de Información Geográfica, Incendios Forestales, Inteligencia Artificial.

1. INTRODUCCIÓN

Los incendios forestales son uno de los mayores problemas medioambientales que existen actualmente en los países de la cuenca mediterránea. Año tras año miles de hectáreas se ven afectadas por este problema. En los últimos años se han llevado a cabo múltiples proyectos que relacionados con los incendios forestales, pero todos ellos con el mismo objetivo: reducir los efectos que ocasiona un incendio forestal. Y la tendencia continua, cada vez estos proyectos son más sofisticados y van integrando la tecnología de última generación que hay en el mercado.

Entre los proyectos que más se han desarrollado, las técnicas más utilizadas para la detección de incendios han sido mediante procesamiento de imágenes, un clasificador mediante redes neuronales, sistemas de monitorización de incendios, modelos de predicción del comportamiento del fuego...

En el punto dos se mostrarán los distintos métodos usados actualmente para la detección de incendios forestales, así como ejemplos de proyectos que utilizan esos métodos.

En el punto tres se detallan los factores fundamentales que influyen en la extinción de los incendios forestales, así como se pueden tratar estos datos de forma automática para integrarlos en un software.

Por último el punto cuatro describe el prototipo que deseamos desarrollar, intentando detallar la tecnología usada y ofreciendo una justificación de la elección de los métodos usados.

2. DETECCIÓN DE INCENDIOS FORESTALES

Hay que destacar la importancia de la vigilancia de los montes y bosques; la detección eficiente, rápida y precisa del inicio de un incendio forestal y su localización. Todo un costoso operativo de extinción depende de la

detección del foco inicial para poder actuar de forma inmediata o en pronto-ataque, consiguiendo que no se convierta en un gran incendio, que, todos sabemos, es de muy difícil y peligrosa extinción.

Se pierde mucho tiempo en determinar el punto exacto para que el sistema pueda facilitar todo tipo de información necesaria para la elección automática del operativo de actuación inmediata o pronto-ataque.

Se trata de detectar el foco de un posible incendio y determinar la extensión del mismo, lo más rápidamente posible, así como determinar exactamente la localización del mismo.

Para ello hay distintos tipos de tecnologías que se están utilizando actualmente para esto. Entre ellas están el uso de cámaras infrarrojas e imágenes vía satélite. Y el uso del sistema de integración geográfica (SIG).

2.1. DETECCIÓN A PARTIR DE INFRARROJOS Y CÁMARAS ÓPTICAS

Tiene como objetivo la vigilancia del territorio forestal y la detección automática de incendios mediante la utilización de cámaras de infrarrojos y ópticas, así como la localización exacta del incendio (Merino et al. 2002).

Estos sistemas suelen constar de una central de vigilancia en el que tienen un monitor de supervisión, una unidad de procesamiento de las imágenes, y las torres de vigilancia distribuidas por el terreno. En cada torre de vigilancia suele estar la cámara de visión infrarroja y otra de televisión situadas sobre un dispositivo capaz de moverse de forma horizontal y vertical de forma que les proporcione a las cámaras una visión de 360° sobre la zona a vigilar.

Las cámaras mandan las imágenes grabadas a la unidad de procesamiento de imágenes y es esta unidad la que detectara un posible incendio a través de las imágenes que le han enviado. Cuando aparece una alarma de incendio automáticamente la cámara que ha detectado el incendio se detendrá en la posición de él y aparecerá una alarma sobre el monitor de supervisión, avisando al las personas encargadas de la central. Cuando la persona encargada de la central de alarmas comprueba que se trata de un verdadero incendio forestal da la alarma general

2.1.1. SOFTWARE ESPECÍFICO

2.1.1.1 Sistema Bosque99

Un software que utiliza este tipo de cámaras es el “SISTEMA BOSQUE 99” (CESEAND, 2008). desarrollado por la empresa nacional Baeza e implantado en la Comunidad Autónoma de Andalucía, y entró en funcionamiento en la campaña INFOCA 2000.

Este sistema se basa en el uso de las cámaras infrarrojas para la detección de los incendios forestales, cuando se activa una alarma se pone en marcha un plan de ataque. Debe sacar la máxima eficacia de este sistema para una rápida detección. Para ello consta de una compleja red de estaciones de vigilancia y una adecuada red de comunicación, desde las que se controlan áreas de riesgo potencial de incendios alto, con masas arboladas importantes y que garantizan tanto una correcta visión de un área extensa, como un buen enlace para las comunicaciones.

A modo de resumen el Sistema Bosque proporciona las mejoras siguientes:

- Localización exacta del foco de calor
- Evita las falsas alarmas.
- Mejora de visión nocturna frente a la realizada por un vigilante.
- Produce un efecto disuasorio.
- Contribuye a la toma de decisiones en la extinción.

2.1.1.2. Sistema de detección temprana de incendios forestales:

Desarrollado por la empresa INVAP (INVAP, 2009) para el Sistema de Prevención y Lucha contra los Incendios Forestales de México.

Este es otro ejemplo de un sistema de detección de incendios forestales basado en cámaras ópticas e infrarrojas. Permitiría la detección inmediata de focos ígneos ya que el esquema que se implementará es el de un barrido sistemático con la posibilidad de detener el movimiento y amplificar la imagen de manera de localizar cualquier potencial riesgo de incendio.

Este sistema proporciona novedades interesantes ya que tiene instalado un sistema de colección de datos meteorológicos (presión atmosférica, humedad relativa, temperatura, velocidad y dirección del viento, precipitación pluvial y punto de rocío) que es muy importante para determinar un buen plan de ataque contra el incendio detectado.

Además, otra novedad tecnológica, es un dispositivo de seguridad contra vandalismo, cuya función es detectar la presencia de personas en una zona cercana a la estación remota. Para ello está dotado de sensores de movimiento y cámaras blanco y negro de cobertura fija. Las señales e imágenes del dispositivo serán transmitidas a la sala de comando y control.

2.1.1.3. Servicio de detección de incendios de Orange:

Orange está desarrollando un sistema de detección de incendios a través de la red de telefonía móvil. Esto es otra vuelta a la misma idea, la detección a base de infrarrojos detectando los focos de calor, pero transmitiendo en la red móvil (El País Digital, 2007).

Han desarrollado unos dispositivos específicos para entornos naturales para este proyecto. Disponen de sensores de temperatura y de radiación infrarroja y ultravioleta; que están interconectados por una red Wi-Fi o GPRS. Estos dispositivos se colocarán a cierta distancia y transmiten a través de la red móvil GSM/GPRS los datos a un servidor. La información se puede ver en una página web que genera las alertas, informes y gráficos. Tiene como objetivo la vigilancia del territorio forestal y la detección automática de incendios mediante la

2.2. DETECCIÓN A PARTIR DE IMÁGENES POR SATÉLITE

Los incendios forestales se ven claramente desde las alturas de la órbita terrestre (Ciencia NASA, 2001). Además de las columnas de humo, los sensores instalados en los satélites que se utilizan para este tipo de proyectos, pueden "ver" el calor infrarrojo emitido por las propias.

Los sistemas de detección de incendios forestales a través de imágenes recogidas por los satélites son los más novedosos. Tanto la NASA como la agencia espacial europea están usando esta tecnología en sus proyectos de detección.



Figura 1. Satélite Envisat – Imagen 1

La Figura 1 captada por el satélite Envisat, corresponde a una imagen de un incendio forestal ocurrido en California.



Figura 2. Satélite Envisat – Imagen 2

La figura 2 captada por el satélite Envisat, corresponde con los incendios de Galicia y Portugal en 2006.

Los satélites miden la radiación infrarroja emitida por la Tierra para detectar la temperatura en la superficie terrestre y así elaborar mapas con los "puntos calientes". Cuando el satélite detecta una temperatura superior a los 38'85°C considera que hay un fuego (Muñoz et al. 2007). En España se utiliza la teledetección para la prevención de incendios desde hace ya algunos años.

2.2.1. SOFTWARE ESPECÍFICO

2.2.1.1 Proyecto Firerisk

Este proyecto está desarrollado por la Universidad de Alcalá de Henares (Chuvieco et al., 2003).

El objetivo del proyecto es desarrollar una metodología operativa, para la evaluación del riesgo de incendio forestal, así como su integración en documentos válidos para las labores de gestión forestal. Para ello, junto a los métodos más tradicionales de análisis espacial se propone el uso de nuevas tecnologías, como la Teledetección y los SIG. Se sirven de la información que les proporciona diferentes satélites de observación espacial, pero necesita de más fuentes de información tradicional se combinaran en el entorno de un SIG.

2.3. DETECCIÓN A PARTIR DE OTROS MÉTODOS

Una empresa de Vila-real (Castellón), ha creado un sistema de detección basado en métodos activos de láser (Salas, 2003). Este sistema presenta dos características fundamentales: el tiempo de respuesta que transcurre desde que se origina el incendio hasta que el sistema es capaz de detectarlo, que es "muy rápido" y la capacidad de indicar la "ubicación real del incendio junto con su intensidad o virulencia". La principal diferencia con los sistemas basados en infrarrojos es que este sistema lo que detecta son columnas de humo, lo supone una mayor rapidez de detección, mientras que los infrarrojos lo que detectan es el calor.

2.4. SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Un sistema de información geográfica es un conjunto formado por hardware, software, datos geográficos y personas, que se ha diseñado para obtener y manejar la información geográfica referenciada con el fin de resolver problemas complejos. Las funcionalidades son:

- **Localización:** preguntar por las características de un lugar concreto.
- **Condición:** el cumplimiento o no de unas condiciones impuestas al sistema.
- **Tendencia:** comparación entre situaciones temporales o espaciales distintas de alguna característica.
- **Rutas:** cálculo de rutas óptimas entre dos o más puntos.
- **Pautas:** detección de pautas espaciales.

- **Modelos:** generación de modelos a partir de fenómenos o actuaciones simuladas.

En el campo de los incendios forestales suelen estar trabajando junto con los satélites. Las experiencias demuestran que esta forma de trabajo tiene un gran potencial en cuanto a la prevención, monitoreo, evaluación y restauración.

3. EXTINCIÓN DE INCENDIOS FORESTALES

A la hora de tomar decisiones durante el diseño del plan, se debe tener en cuenta una gran cantidad de información referida a las características del incendio (Cortafuegos, 2005) (circunstancias meteorológicas, orografía del terreno, tipos de combustible), a la disposición de los medios, a la coordinación y comunicación con diferentes unidades y centros, etc.

A la hora de diseñar el plan de ataque se debe tener en cuenta los factores que afectan a la propagación del fuego, así como los medios disponibles para llevar a cabo su extinción, y con todo ello actuar de acuerdo con las necesidades de cada caso.

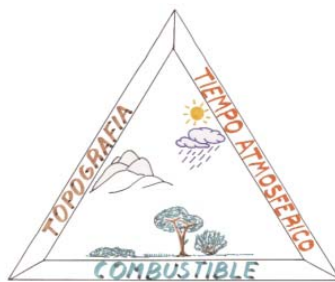


Figura 3. Triángulo del fuego

En la figura 3 se muestra los factores que determina el desarrollo de un incendio forestal, que son la topografía, los combustibles y el tiempo atmosférico. Cada una de ellas ejerce influencia sobre las otras. Por ejemplo, en las partes superiores de las cordilleras tiene mayor precipitación que las inferiores y las temperaturas descienden a medida que se asciende por las laderas.

Obteniendo las características ambientales en el momento del incendio, el combustible que hay en la zona y las características orográficas del terreno que esta afectado por el suelo podemos intentar “predecir” el comportamiento del fuego y con ello llevar un ataque mas efectivo.

Con los datos obtenidos se deben decidir cuales son las acciones básicas que se necesitan hacer en primer lugar, así como el método de extinción más adecuado para que el incendio sea sofocado con la mayor rapidez posible.

3.1. COMBUSTIBLE

Es necesario caracterizar la combustibilidad de una zona, ya que cuanto mayor sea la acumulación de combustible en una zona, mayor cantidad de calor podrá desprender y más intenso podrá ser el incendio.

Se debería clasificar los combustibles dependiendo del tipo de combustible, de la disposición horizontal de los combustibles y dependiendo de la disposición vertical del combustible.

3.2. TIEMPO ATMOSFÉRICO

Las variables meteorológicas que influyen en los incendios forestales pueden clasificarse en dos grupos: las que afectan al inicio del fuego y las que afectan a la propagación.

A la hora de la extinción de un incendio, lo que se observa son las variables que afectan a la propagación del fuego. El viento es el elemento decisivo el viento es un elemento decisivo en el comportamiento del

fuego, siendo muchas veces responsable de que el incendio supera las barreras de defensa y de la formación de fuegos en copas que se manifiestan de forma virulenta.

3.3. FACTORES TOPOGRÁFICOS

La topografía es la más constante de los tres factores y tiene gran influencia en los otros dos. Hay tres factores que afectan de forma importante en el comportamiento del fuego:

- **Configuración:** tiene una gran influencia en el de viento que va a incidir en la dirección y velocidad de la propagación del fuego.
- **Exposición o posición de las laderas:** tiene un efecto importante sobre la temperatura y la humedad relativa, en el desarrollo de la vegetación que las cubre y estado de la humedad de los combustibles vegetales
- **Pendiente:** es el factor topográfico de mayor importancia en el comportamiento del fuego. Ejerce influencia en las formas de transmisión de energía haciendo que aguas arriba los fenómenos de convección de radiación sean más eficientes, por ello mientras más inclinadas sean las laderas mayores serán las velocidades de propagación de un fuego que asciende por ellas.

3.4. MÉTODOS DE EXTINCIÓN

3.4.1. MÉTODO DIRECTO

Si el fuego se encuentra en su etapa inicial o tiene unas características que permiten actuar en la proximidad de las llamas o se dispone de agua y medios para lanzarla, se puede atacar directamente sobre el incendio para sofocar la llama (Nicolás et al., 2004). En este método se actúa fundamentalmente sobre dos de los elementos del triángulo del fuego, calor y oxígeno.

3.4.2. MÉTODO INDIRECTO

Consiste en aislar el combustible de las llamas, estableciendo líneas de defensa a distancia apropiada de los frentes para con las líneas de control circunscribir uno o más perímetros que completen la etapa de control.

En este método se actúa fundamentalmente sobre el combustible, eliminándolo en fajas o vertiendo productos químicos que impregnan el combustible e impiden o retardan su combustión.

3.5. SOFTWARE ESPECÍFICO

3.5.1. SIDAEX

Es un sistema desarrollado por la Universidad de Granada (Sidaex, 2008).

Han creado un modelo informático que reproduce la extinción de los incendios forestales. Es capaz de generar, de forma autónoma, planes de extinción de incendios forestales a partir de los datos existentes sobre el terreno (lugar en el que se generó el fuego, entorno, recursos disponibles, etc.).

Este sistema agrupa una serie de programas informáticos, entre los que destacan dos: BACAREX, una base de conocimiento donde se recoge la experiencia del Plan INFOCA, y el propio SIADEX, un programa capaz de utilizar los datos del anterior para establecer planes de actuación.

El técnico en extinción podrá acceder a este sistema a través de Internet, utilizando un ordenador de sobremesa, un portátil o incluso una PDA (un pequeño dispositivo digital).

4. DESARROLLO PROTOTIPO DEFOREST

Se va desarrollar un sistema inteligente, denominado DEFOREST (Detección Forestal), que sea capaz de detectar de forma rápida un posible incendio forestal, y sugerir cuáles son los ataques más efectivos para su extinción.

Esta aplicación deberá detectar de forma precoz un incendio forestal, activar la alarma y mostrar un plan de ataque efectivo, y presentar las características básicas de la zona afectada.

Para la detección precoz de un incendio el sistema usará cámaras web que se situarán en las torres de vigilancia. Éstas transmitirán las imágenes a un servidor que mediante un algoritmo de reconocimiento de imágenes detectará el humo provocado por un posible incendio. Por eso debe diferenciar entre el humo de un incendio y el humo de un motor, polvo, etc.

Cuando se detecta un incendio se sabe donde se ha originado ya que cada imagen proviene de una cámara que está unívocamente identificada. Esto es fundamental para que no haya errores en cuanto a la localización del mismo.

Para la detección de incendios forestales después de exponer los métodos más comunes que se usan para ello, hemos optado por las cámaras web e infrarrojas, y no por las imágenes vía satélite, ya que las primeras pueden detectar el foco en tiempo real, mientras que las imágenes vía satélite pasan más tiempo hasta que es posible detectar un incendio. Pensamos que el uso de imágenes vía satélite es más adecuado para tareas de monitorización y de seguimiento de un incendio forestal que para la detección.

Además en cada torre de vigilancia se situarán un anemómetro (que medirá la velocidad del viento), una veleta electrónica (que detectará la dirección del viento) y un termómetro (que medirá la temperatura exterior). Cuando se detecte el posible incendio, el ordenador requerirá los datos de velocidad y dirección del viento y la temperatura exterior a los sensores que proporcionaran esta información necesaria. Estos sensores solo transmitirán la información recogida únicamente cuando sea requerida por el ordenador.

El plan del primer intento se basará en la aplicación de las redes bayesianas a este problema, los incendios forestales.

Para ello se necesita conocer exactamente todas las circunstancias del terreno donde se ha detectado el incendio tales como características topográficas del terreno condiciones atmosféricas o el combustible de la zona donde se ha detectado el foco.

La localización exacta del foco se deduce de la localización de la cámara que ha detectado el posible incendio. Cada cámara lleva asociada una dirección IP. Además de la localización exacta de cada cámara, se asocian ciertos parámetros que caracterizan al terreno y vegetación que vigila. De tal modo que cuando el servidor reconozca desde una imagen mandada por una cámara un posible incendio, obteniendo la dirección IP de la cámara que la ha mandado, podemos saber la localización y las características topográficas y el combustible que hay en la zona.

Las características ambientales las obtenemos de los sensores colocados en el exterior.

Toda esta información nutre a la red Bayesiana, que debe ser capaz de decidir cuál es el mejor ataque basándose en los datos proporcionados.

Al referirnos a mostrar un plan de ataque, queremos decir que la aplicación debe mostrar los recursos disponibles más adecuados para sofocar ese incendio, como pueden ser las bombas de agua, hidroaviones, etc. También debe sugerir la mejor técnica que se puede usar contra ese fuego, y la localización exacta de por donde se debe atacar al fuego.

Debe mostrar las características del terreno como el tipo de combustible, la topografía del terreno, y los factores meteorológicos lo más detalladamente posible para minimizar el tiempo de reconocimiento y poder organizar al equipo lo más rápido posible.

Creemos que es necesario un sistema inteligente que además de detectar el incendio de forma rápida, pueda determinar de forma rápida cuáles son los posibles ataques que está sufriendo, para sofocarlo. De esta forma inmediatamente después de detectar un incendio proporciona a los agentes forestales todas las características del mismo y los medios y planes más adecuados para su extinción.

REFERENCIAS

- CESEAND. (2008). “Las Nuevas Tecnologías se ponen al servicio de la extinción de incendios en Andalucía”. <http://www.ceseand.cica.es/modules.php?name=News&file=article&sid=2053>. 17/05/2008. (11 de Diciembre de 2008).
- Chuvienco, E.; Cocero, D.; Martín, P.; Martínez, J.; De la Riva, J. y Pérez, F. (2003). “Combining NDVI and surface temperature for the estimation of fuel moisture content in forest fire danger assessment”. *Fourth International Workshop on Remote Sensing and GIS Applications to Forest Fire Management*. Poster.
- Ciencia, NASA. (2001). “Detector Espacial de Incendios”. http://ciencia.nasa.gov/headlines/y2001/ast21aug_1.htm. 21/08/2001. (17 de Diciembre de 2008).
- Cortafuegos. (2005). “Iniciación a los conceptos de El Fuego”. http://www.cortafuegos.com/index.php?pag=inc_iniciacion2. 17/12/2005. (12 de Diciembre de 2008).
- El País Digital. (2007). “Sensores para detectar incendios a través de la red móvil”. http://www.wildfire07.es/doc/Medios/PDigital/52-elpais_sensores.pdf. 23/05/2007. (11 de Diciembre de 2008)
- Federico, S., (2008), “Incendios forestales en España causados por factores naturales y agravados por la acción del hombre”. *Seminario de Post Grado de Gestión del Riesgo en Desastres*. Instituto de Investigaciones en Desastres y Emergencias complejas – IIDEC. Facultad de Filosofía, Historia y Letras. Universidad del Salvador.
- INVAP, Tecnología a Medida. (2006). “Detección temprana de incendios forestales en Bariloche”. <http://www.invap.net/news/novedades.php?id=20060213220821>. 12/02/2006. (17 de Diciembre de 2008).
- Merino, L., Ollero, A. (2002). “Monitorización de incendios forestales empleando imágenes Aéreas”. *XXIII Jornadas de Automática*. CD de Actas. Editores: Albertos, P. Universidad de la Laguna, Santa Cruz de Tenerife, España.
- Muñoz, C. Acevedo, P., Salvo, S., Fagalde, G., Vargas, F. (2007). “Detección de incendios forestales utilizando imágenes NOAA/16-LAC en la Región de La Araucanía, Chile”. *Revista Bosque (Valdivia)*. Vol. 28, No. 2
- Nicolás, J.M., Palacios, A. (2004). Incendios Forestales I. *Revista Foresta*. Vol. 28, No. 4.
- Portal Forestal. (2009). Un sistema de detección precoz de incendios forestales gana un concurso de la UAH. http://www.portalforestal.com/index.php?Itemid=30&id=825&option=com_content&task=view. 03/11/2007. (14 de Enero de 2009).
- Programa GESTA. (2007). “Electrónica Fácil, Empresa respalda un novedoso método para la detección de incendios forestales mediante el uso del laser”. <http://www.electronicafacil.net/ciencia/Article8950.html>. 09/06/2007. (15 de Enero de 2009).
- Salas, F. (2003). “Nuevas Tecnologías e Incendios forestales”. *Revista Medioambiente*. Junta de Andalucía, Conserjería de Medioambiente. Vol. 43.
- Sidaex. (2008). “Diseño asistido de planes de operaciones para la extinción de incendios forestales mediante técnicas de Inteligencia Artificial”. <http://siadex.ugr.es/public/spanish.htm>. 14/012008. (15 de Enero de 2009).

Autorización y Renuncia

Los autores autorizan a LACCEI para publicar el escrito en los procedimientos de la conferencia. LACCEI o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que esta expresado en el escrito