

Inteligencia artificial para la prevención de riesgos naturales

Marcos García Muñoz

Desarrollador de inteligencia artificial

Iñaki Pérez del Notario López

Doctorando en Ciencias y Tecnologías Industriales

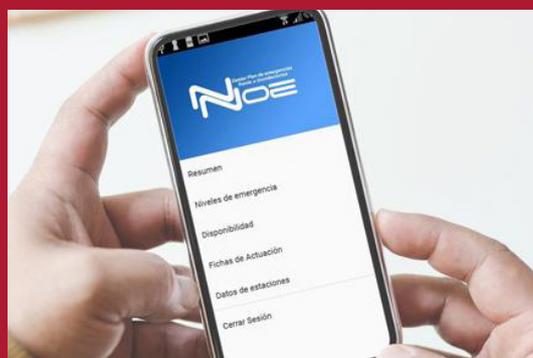
TESICNOR

Introducción

A lo largo de la historia han existido desastres naturales que han forzado a las sociedades a adaptarse, prepararse y evolucionar, llevando a la humanidad al nivel de protección y desarrollo actual. Si bien es cierto que estas evoluciones nos han llevado a estar más protegidos de los peligros, la sensación es que la sociedad, en muchos casos, se olvida de que estos eventos existen y son posibles, y solo nos acordamos de ellos en el momento en el que ocurren.

Por otro lado, los desarrollos tecnológicos también han impulsado la evolución humana, desde la invención de la rueda hasta, recientemente, la llegada de la inteligencia artificial. Estos avances tecnológicos han llevado a la humanidad a convertirse en una sociedad altamente interconectada y tecnológica, con un potencial ilimitado para innovar y resolver problemas complejos.

Aunque a primera vista pueden parecer caminos paralelos, estas dos ramas confluyen en numerosos puntos. En Tesicnor, desde el departamento de Reducción de Riesgos de Desastres (RRD), nuestra visión es aprovechar las tecnologías más innovadoras del mercado para proteger, mitigar riesgos y avanzar, con la seguridad de las personas como piedra angular. En este artículo analizaremos los desarrollos e investigaciones, esencialmente de inteligencia artificial (IA), en los que estamos inmersos y cómo creemos que estos avances contribuirán a reducir el impacto de los desastres naturales en la población y el entorno natural.



La aplicación NOE de Tesicnor permite digitalizar los planes de protección municipal para agilizar su puesta en marcha. En caso de emergencia, el sistema da indicaciones en tiempo real sobre las labores de prevención que se tienen que realizar y el estado en el que se encuentran (por hacer, en proceso y realizado). Asimismo, al ser una herramienta dinámica, se pueden actualizar fácilmente los teléfonos de contacto del personal responsable, además de incorporar funcionalidades adicionales, como la posibilidad de enviar avisos automáticos a la población mediante SMS y alertas tempranas de inundaciones con IA.

Desastres Naturales

Definición formal de desastre natural

Los desastres naturales son fenómenos destructivos que causan impactos severos sobre el entorno en poco tiempo. Ejemplos de desastres naturales pueden ser inundaciones, incendios forestales por la propagación de reacciones de combustión, ciclones y tornados, terremotos, etc.

Desastres naturales en España

Desde el punto de vista ambiental, en España, los desastres naturales más frecuentes y dañinos son las inundaciones y los incendios forestales. Por otro lado, eventos como los terremotos y los ciclones son mucho menos comunes en comparación con otros países.

En cuanto a los incendios forestales, España se destaca como uno de los países de la Unión Europea con mayor extensión de masa forestal. Por ello, es crucial abordar este riesgo con especial atención.

Desde la perspectiva del sector asegurador, las inundaciones representan el desastre natural más frecuente y problemático. Aunque otros desastres naturales como los terremotos y los ciclones son generalmente poco frecuentes, pueden causar grandes daños de forma inesperada.

Consecuencias

Los desastres naturales causan daños en zonas habitadas y ecosistemas, generando grandes costes económicos y una recuperación lenta y laboriosa.

Invertir recursos, reducir o evitar las consecuencias de estos fenómenos se traduce en ahorros económicos importantes a largo plazo. Sobre el papel, este concepto es fácil de comprender, pero en la práctica es difícil hacer que cale en la población o en las autoridades, a no ser que sean sucesos frecuentes que les puedan afectar directamente, como puede ser el caso de países como Japón con los terremotos.

Introducción IA

Una solución para mitigar los impactos de los desastres naturales es la alerta temprana utilizando inteligencia artificial, campo que está muy de moda y que tiene innumerables aplicaciones. Se habla mucho hoy en día de esta tecnología, muchas veces desde el desconocimiento o a raíz de noticias alarmistas o exageradas. Es por ello que vamos a hacer una definición formal de lo que es la inteligencia artificial y cuáles son sus beneficios en el mundo de la reducción de riesgo de desastres naturales.

Definición IA

Partimos de que las máquinas tienen un funcionamiento interno muy sencillo y solo son capaces de realizar operaciones matemáticas sencillas como sumas y restas. La inteligencia artificial es un campo de la informática y de las matemáticas que tiene como objetivo hacer que una máquina sea capaz de realizar tareas que requieren de un cierto grado de inteligencia humana. Ejemplos de esto puede ser detectar objetos en una fotografía, encontrar productos defectuosos en una cadena de producción, identificar *spam* en el correo electrónico, predecir cómo va a evolucionar el valor de una empresa en bolsa, etc.

La fuente de aprendizaje de una IA son los datos. Intuitivamente se podría pensar que para enseñar a una máquina a escribir, primero habría que explicarle detalladamente las normas gramaticales del lenguaje y el significado de las palabras. Sin embargo, lo que en realidad se hace es enseñarle una gran cantidad de textos, haciendo que la propia máquina tenga que aprender por sí misma el contexto de las palabras y normas gramaticales del lenguaje, a través de prueba y error. En el campo de la IA a este proceso se le denomina «machine learning» o aprendizaje máquina.

El proceso de hacer que una máquina sea capaz de aprender se realiza a través de sistemas de ecuaciones matemáticas denominadas «modelos de IA». El concepto de entrenar significa que la máquina está tratando de ajustar las ecuaciones matemáticas del modelo con el objetivo de minimizar una función de error, por ejemplo, en un modelo de IA que intenta predecir el precio de un coche en función de sus especificaciones, el error sería la diferencia entre el precio real y la predicción del modelo.

El principal beneficio de la IA frente a otras alternativas es que, una vez una máquina aprende a realizar una tarea, puede estar las 24 horas del día funcionando, simplificando tareas que de otra forma serían tediosas o que requerirían de atención humana.

Redes neuronales

Los modelos de IA que más éxito están teniendo en la actualidad son los basados en redes neuronales, cuya lógica está basada en el comportamiento de las neuronas del cerebro.

Desde el punto de vista biológico, las neuronas del cerebro son una estructura formada por células interconectadas entre sí que se comunican a través de impulsos eléctricos. Una neurona recibe impulsos de múltiples neuronas a través de sus dendritas, los interpreta y transmite otro impulso a otras neuronas través del axón. Internamente la neurona posee mecanismos de aprendizaje bastante complejos que, en conjunto, forman un sistema que nos ha permitido llegar a un grado de inteligencia muy avanzado. Habilidades triviales como comunicarse, distinguir objetos al observarlos, interpretar sonidos, tomar decisiones, etc. tienen un grado de complejidad muy alto, tanto a nivel sensorial como de aprendizaje.

El concepto de la neurona artificial es una modelización muy simplificada de la neurona biológica. Se puede entender como un nodo interconectado con otros nodos a través de conexiones de entrada y salida. Por cada una de las conexiones de entrada, el nodo recibe valores numéricos que se corresponden con las salidas de otros nodos. Estos números se utilizan internamente para calcular el resultado de una ecuación matemática sencilla que se aprende individualmente en cada uno de ellos. Posteriormente transmiten el resultado de la ecuación a otros nodos por las conexiones de salida.

La sencillez de este concepto se utiliza como base para crear estructuras neuronales más complejas conectando entre sí una gran cantidad de nodos. La capacidad de aprendizaje de las redes neuronales artificiales permite aprender modelos de IA que se utilizan en una gran variedad de aplicaciones: reconocimiento y generación de texto e imágenes, biometría, ayuda a la toma de decisión en medicina, plegado de proteínas, etc.

Comparación IA, modelos físicos

En los campos de la meteorología e hidrología para realizar predicciones a futuro se realizan simulaciones numéricas que tratan de estimar la evolución de unas variables utilizando ecuaciones físicas para simular la interacción entre ellas a lo largo del tiempo, un ejemplo de esto es el modelo de predicción meteorológica Harmonie-Arome, utilizado por servicios meteorológicos como la española Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) para realizar los pronósticos del tiempo. Estos modelos aportan mucha información para la toma de decisión en una gran variedad de ámbitos.

El inconveniente que tienen estos modelos es que se necesita una gran cantidad de recursos computacionales para realizar predicciones en un tiempo razonable.

La aplicación de la IA en este ámbito permite aprender sistemas de ecuaciones más simples que se pueden ejecutar en pocos minutos manteniendo un nivel de precisión razonable. De esta forma, se pueden actualizar continuamente las predicciones utilizando la información más reciente, consiguiendo predicciones a corto plazo (de 0 a 6 horas) muy detalladas.

Otra ventaja es su capacidad de especialización: si nos interesa utilizar la IA específicamente para detectar fenómenos meteorológicos adversos, se puede entrenar un modelo especializado en aprender patrones que dan lugar a estos eventos, aunque eso implique que pueda funcionar peor como modelo de propósito general.

Digitalización - Herramienta NOE

Digitalización de los planes de protección municipal

Los riesgos naturales, especialmente las inundaciones, requieren de una preparación meticulosa para minimizar daños y coordinar respuestas efectivas. La legislación actual obliga a los municipios a desarrollar e implementar planes de actuación frente a inundaciones. Sin embargo, la complejidad y extensión de estos documentos pueden dificultar su rápida aplicación en situaciones de emergencia.

La aplicación **NOE** de Tesicnor permite digitalizar los planes de protección municipal para agilizar su puesta en marcha. En caso de emergencia, el sistema da indicaciones en tiempo real sobre las labores de prevención que se tienen que realizar y el estado en el que se encuentran (por hacer, en proceso y realizado). Asimismo, al ser una herramienta dinámica, se pueden actualizar fácilmente los teléfonos de contacto del personal responsable, además de incorporar funcionalidades adicionales, como la posibilidad de enviar avisos automáticos a la población mediante SMS y alertas tempranas de inundaciones con IA.



Figura 1. Esquema de funcionalidades de la herramienta NOE para la gestión y alerta de inundaciones. Fuente: elaboración propia.

Recopilación de datos en tiempo real y alertas tempranas con IA

Entre las distintas funcionalidades de NOE, la más novedosa es la incorporación de un sistema de alertas tempranas de inundaciones que funciona mediante la recopilación de datos meteorológicos e hidrológicos de las estaciones del río en tiempo real y la implementación de un modelo de IA para predecir la evolución del río en las 6-12 horas siguientes. En el caso de que el modelo detectase la posibilidad de una inundación, NOE lo notificaría automáticamente al personal responsable de los municipios afectados y, en el peor de los casos, al 112. En última instancia es el propio personal el que decide si se declara situación de emergencia o no.

En el futuro existen planes para expandir y reforzar esta funcionalidad, introduciendo alertas tempranas a otros tipos de desastre, mejorando la fiabilidad de las ya existentes.

IA aplicada a la alerta temprana de inundaciones

Las inundaciones son un tipo de desastre natural relacionado con la sobreacumulación de agua en zonas habitualmente secas. Principalmente nos referimos a los lugares donde es frecuente la actividad humana, como ciudades, pueblos, campos de cultivo, carreteras, campings, etc. Las 2 principales causas de inundaciones son el desbordamiento del caudal en los ríos (inundaciones fluviales) y las precipitaciones localmente intensas (inundaciones pluviales). Otras causas menos comunes son los tsunamis, las mareas de tempestad y la rotura de presas.

Efectos del cambio climático

Los efectos del cambio climático incrementan la frecuencia e intensidad de fenómenos meteorológicos extremos, como la intensidad de las precipitaciones, el aumento del nivel del mar y los cambios bruscos de temperatura que favorecen fenómenos como la acumulación y el derretimiento de nieve en zonas montañosas, favoreciendo la acumulación repentina de agua en los ríos.

Inundaciones fluviales (predicción del caudal)

Las inundaciones fluviales son un tipo de inundación que se producen cuando el caudal del río aumenta hasta anegar áreas antropizadas en su tránsito. Estas pueden ser causadas por fuertes precipitaciones continuadas en el tiempo, que saturan la capacidad de absorción de agua del terreno, o por la fusión repentina de grandes masas de nieve en las montañas. Suelen ser frecuentes en los meses de invierno y se pueden anticipar con cierta facilidad en comparación con las inundaciones pluviales.

Las alertas tempranas se centran en anticipar el momento en que se va a producir una inundación en un municipio para dar alertas a la población. Tradicionalmente se utilizan modelos hidrológicos como los que utilizan las confederaciones hidrográficas, pero en predicciones de corto alcance (de 0 a 12 horas dependiendo del río), la IA está obteniendo predicciones más precisas que se actualizan en tiempo real.

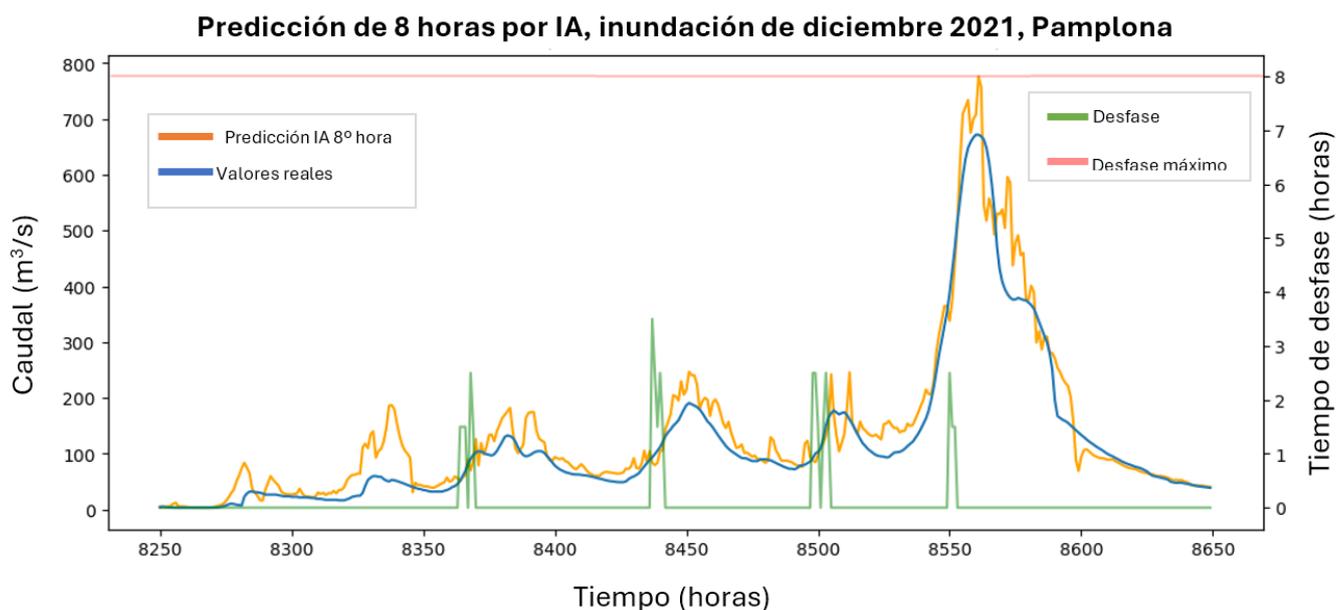


Figura 2. Gráfica de un modelo de IA prediciendo el caudal del río Arga.
Fuente: elaboración propia.

La herramienta NOE implementa este tipo de alertas por IA en municipios con riesgo de inundación.

Inundaciones pluviales (predicción radar)

Las inundaciones pluviales son otro tipo de inundación provocada por precipitaciones muy intensas en periodos de tiempo muy cortos, en los que la cantidad de agua que cae es tan elevada que ni siquiera un terreno seco es capaz de absorberla. Este tipo de precipitaciones es frecuente en los meses de verano y su predictibilidad suele ser complicada. El objetivo de las alertas tempranas es detectar la aparición de fuertes precipitaciones sobre un municipio que potencialmente puedan causar inundaciones.

La implementación de la IA permite aportar mejoras en el contexto de la predicción de fuertes tormentas en el corto alcance (de 0 a 6 horas) gracias a su elevada eficiencia computacional, que le permite realizar predicciones utilizando los datos más actuales en muy poco tiempo.

Hay diversas técnicas que se están investigando para predecir el comportamiento de fuertes precipitaciones, por ejemplo, intentando replicar el funcionamiento de los modelos físicos sustituyendo las ecuaciones físicas por otras más eficientes optimizadas por IA. Sin embargo, una de las técnicas que mejor están funcionando es la predicción del movimiento de imágenes radar con redes neuronales.

Ejemplo de predicción radar con IA, 04/07/2016

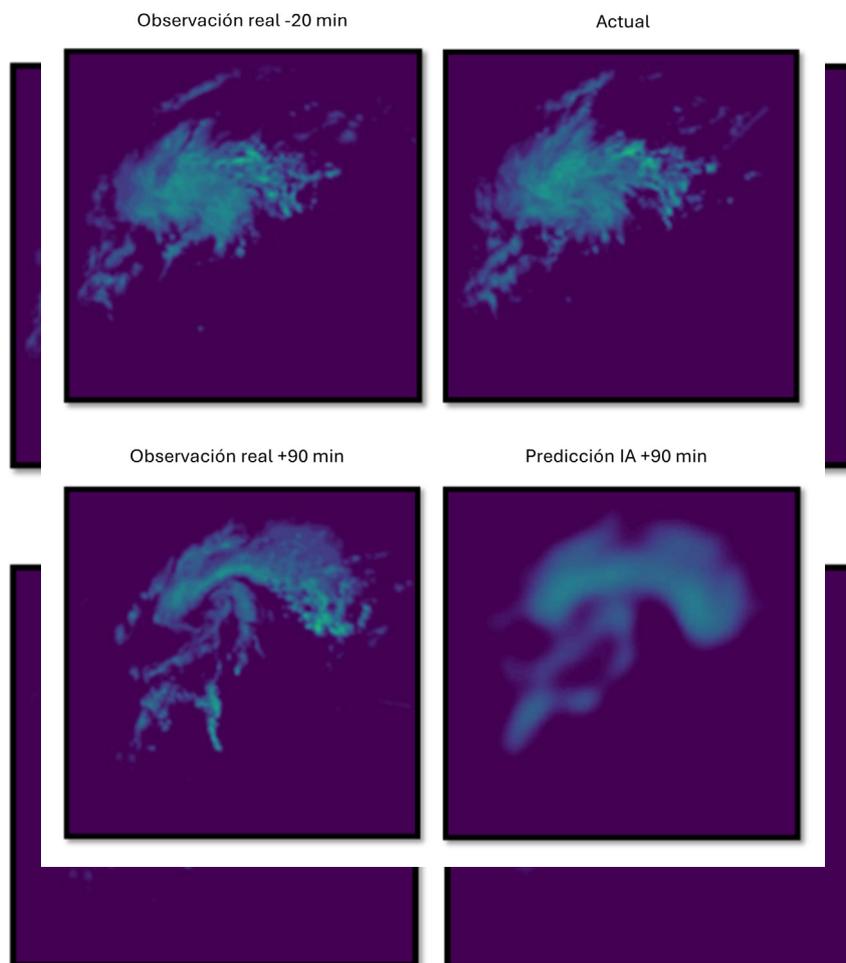


Figura 3. Ejemplo de *nowcasting* con imágenes radar utilizando un modelo de IA.
Fuente: elaboración propia.

Las imágenes radar ofrecen una resolución espacial y temporal muy alta (1 km² por píxel, cada 10 minutos), por lo que presentan un nivel de detalle bastante elevado; sin embargo, también tienen el inconveniente de que la señal se difumina conforme se aleja del radar y puede dar falsos ecos procedentes de bandadas de aves u otro tipo de interferencias.

Para afrontar el problema de los falsos ecos, se pueden entrenar otros modelos de IA que traten de identificarlos y así poder aplicar un filtro en la propia imagen. Para compensar el problema de la difuminación en zonas alejadas del radar, AEMET utiliza técnicas de interpolación de imagen para combinar las mediciones de distintos radares y así corregir un poco el problema del difuminado.

El modelo de IA recibe una secuencia de imágenes pasadas y las utiliza para generar otra secuencia de imágenes con las predicciones de las siguientes imágenes. Este es un campo en el que se están realizando continuas mejoras gracias a la investigación en generación de imágenes con IA.

Drones

Otra tecnología emergente que se puede emplear en la prevención y evaluación de daños tras una inundación son los drones. Estas aeronaves no tripuladas ofrecen una alternativa para explorar la zona afectada sin los altos costes y riesgos asociados con el vuelo de helicópteros. Utilizar drones con vuelos automatizados permite realizar un reconocimiento más seguro y económico, evitando la necesidad de personal especializado en el lugar. Esta tecnología proporciona una perspectiva más amplia y detallada del evento, la cual sería difícil de obtener solo desde tierra.

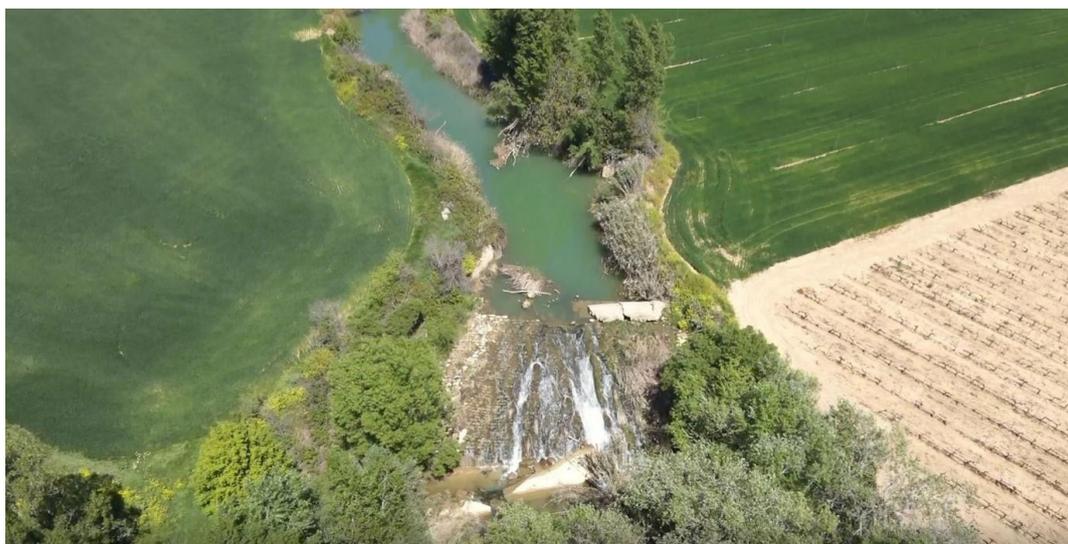


Figura 4. Vuelo de mantenimiento sobre el río Cidacos (Tafalla).
Fuente: Proyecto EMERAL.

Sería ideal utilizar drones durante eventos de emergencia; sin embargo, existen aún numerosas restricciones legales que lo impiden. Se espera que la legislación evolucione para ser más permisiva en situaciones en las que el uso de drones no tenga un propósito recreativo, sino que contribuya a mitigar los efectos de los desastres naturales.

Incendios forestales

Los incendios forestales son un tipo de desastre natural relacionado con la combustión y propagación sin control de fuego sobre grandes cantidades de masa forestal, causando daños en la flora y la fauna que pueden tardar décadas en recuperarse.

Su origen puede venir de causas naturales, como la caída de rayos, o de forma artificial por negligencia o intencionalmente. La mayoría son producidos por la acción humana, haciendo que sean especialmente difíciles de anticipar en comparación con otras causas, como la caída de rayos. Aunque esta última sea una causa menos común, es importante tenerla en cuenta, ya que tiene la capacidad de provocar incendios en zonas no habitadas y de difícil acceso, dificultando el proceso de extinción.

Cuando se trata de prevenir estos sucesos hay que tener en cuenta que no se puede predecir de antemano el sitio y lugar donde va a aparecer el fuego, por lo que las alertas tempranas son más complejas que en el caso de las inundaciones. Estas se enfocan en ayudar a priorizar la vigilancia de lugares especialmente susceptibles por las condiciones meteorológicas y del terreno y a la colocación de cortafuegos u otros elementos del terreno que ayuden a limitar la expansión de un posible incendio.

Efectos del cambio climático y el abandono rural

Los efectos del cambio climático incrementan la frecuencia e intensidad de las sequías, haciendo que el terreno sea más seco e inflamable.

El abandono rural es otra de las principales causas del incremento del riesgo de incendios. Como hay menos personas trabajando en el campo, se descuidan labores de mantenimiento importantes como el control del exceso de vegetación, que se convierte en combustible para el fuego, la colocación de cortafuegos para evitar la propagación de incendios, etc.

En el campo de la inteligencia artificial aplicada a la reducción del riesgo de incendios forestales se emplean 3 enfoques distintos:

1. Predicción de zonas de riesgo.
2. Detección de incendios recién declarados utilizando visión por computador.
3. Predicción de la propagación de un incendio ya formado.

El primer enfoque consiste en estimar geográficamente en tiempo real el nivel de riesgo de incendios sobre una zona a muy alta resolución en función de las condiciones meteorológicas y del terreno. De esta forma se puede priorizar la vigilancia y la toma de medidas preventivas en lugares especialmente susceptibles. La IA en estos casos utiliza históricos de eventos pasados como base para el aprendizaje, aunque en los datos también se puede incluir información como la proximidad a zonas habitadas y la frecuencia de tránsito, debido a que la acción humana suele generar la mayor parte de los incendios.

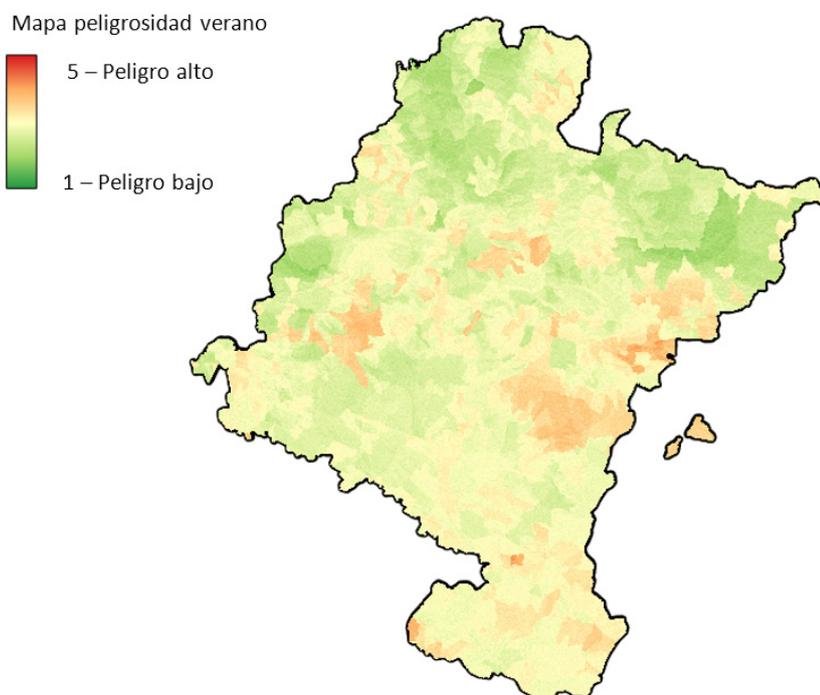


Figura 5. Imagen ilustrativa de un mapa de Navarra sobre la peligrosidad de incendios forestales durante el verano.

Fuente: Proyecto Alert-Fire.

El segundo enfoque consiste en monitorizar dinámicamente el estado del campo con el objetivo de detectar lo más rápido posible la ignición de un incendio. Una técnica muy utilizada consiste en la implantación de un sistema de cámaras en zonas elevadas para monitorizar el campo y utilizar un sistema automático de visión por computador para detectar formaciones de humo que puedan provenir de incendios recién formados. De esta forma se mantiene una vigilancia constante las 24 horas del día, mejorando la respuesta de los servicios de emergencia y reduciendo la probabilidad de que la llama se pueda salir de control. Esta técnica se utiliza actualmente en el estado de California, en Estados Unidos, y está dando buenos resultados; sin embargo, debido a su gran cantidad de vegetación, la respuesta a incendios presenta mayores dificultades.

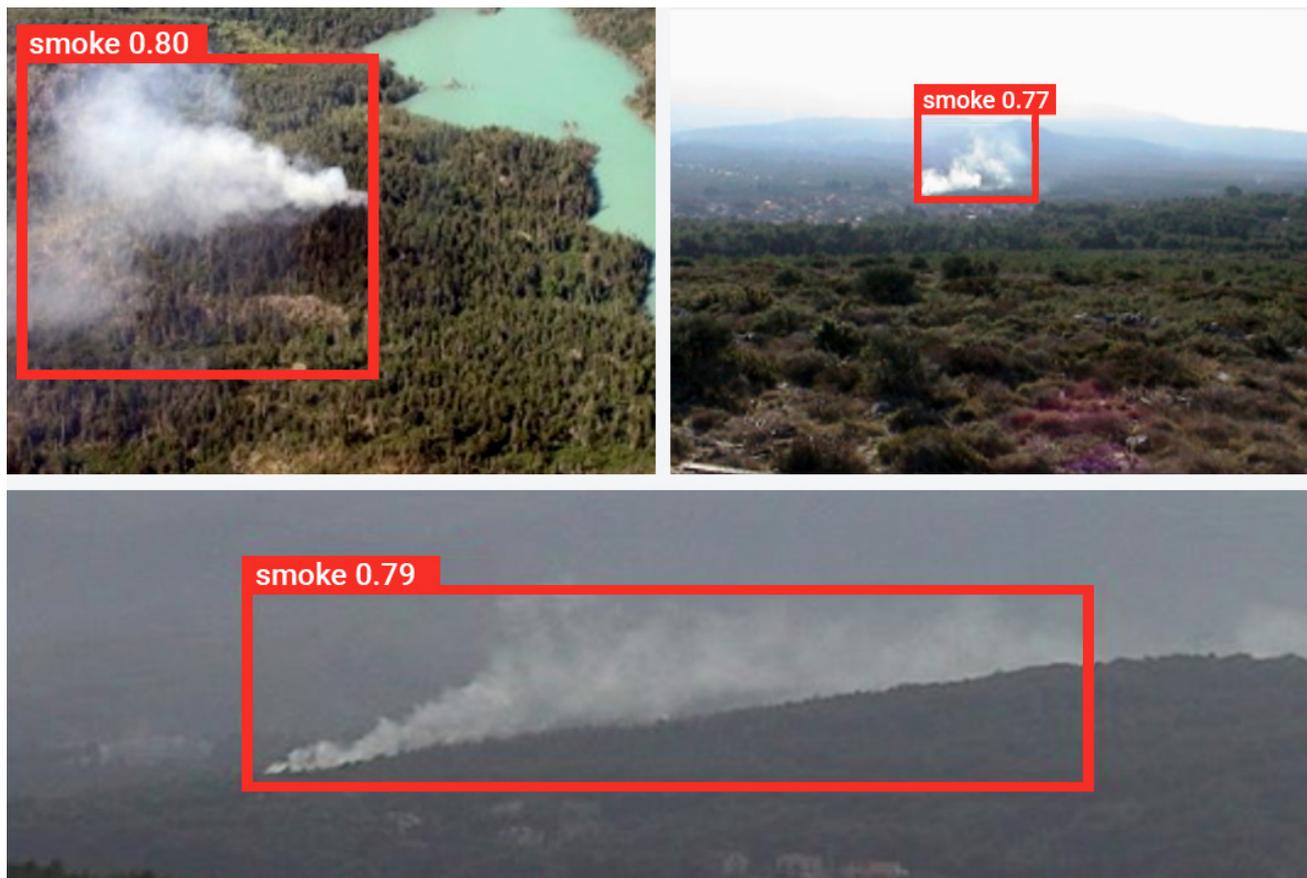


Figura 6. Detección de humo con visión por computador.

Fuente: resultados de detección de humo de un modelo propio de Tesicnor sobre las imágenes de un dataset creado por el Center for Wildfire Research University of Split Croatia.

El tercer enfoque consiste en el desarrollo de herramientas de ayuda a la extinción de incendios. La técnica más común es el uso de simuladores para estimar la propagación del fuego, facilitando la toma de decisión en las estrategias de extinción. Para la extinción operativa hay investigadores que están estudiando el uso de drones controlados por IA para explorar zonas afectadas e, incluso, hacer que transporten mangueras con agua para colaborar en la extinción el fuego desde arriba. Sus principales ventajas son que pueden acercarse al fuego sin poner en riesgo la vida de una persona y son mucho más económicos que volar un helicóptero.

Conclusiones

La reducción del riesgo de desastres es un ámbito que cada vez irá adquiriendo mayor importancia en la sociedad debido al aumento de la probabilidad de aparición de fenómenos meteorológicos adversos como consecuencia del cambio climático y de la despoblación en ámbito rural.

La IA es una tecnología que está teniendo un crecimiento exponencial en cuanto a desarrollo, investigación y aplicaciones en la industria, permitiendo automatizar muchos procesos y afrontar problemas que de otra manera serían inviables. En el campo de la reducción del riesgo de desastres su aplicación está mejorando el alcance y precisión de las alertas tempranas a la población, facilitando la supervisión de las zonas de riesgo y contribuyendo a la digitalización de los procesos de emergencia.

La evolución de la IA en este campo está siendo muy prometedora. En el futuro, las técnicas comentadas en este artículo se van a ir refinando y también surgirán nuevos enfoques que permitirán crear soluciones a problemas no resueltos.