

APLICACIONES DE SENSORES Y CÁMARAS TÉRMICAS

G. SANGLIER, J.A. GÓMEZ, O. GUTIÉRREZ y M. JIMÉNEZ.

sanglier@inta.es

INTA. Dpto. de Observación de la Tierra, Teledetección y Atmósfera.
Torrejón de Ardoz (Madrid).

RESUMEN: El desarrollo y la disponibilidad de sensores infrarrojos de monitorización y/o medida para aplicaciones de teledetección aérea, han experimentado un fuerte crecimiento. Entre las aplicaciones más directas, se encuentran los estudios de detección y evolución de incendios forestales, además de la realización de censos precisos de aves y mamíferos.

Este documento pretende exponer la viabilidad de la aplicación de dichos sensores para los dos casos anteriores, y su utilidad como herramienta básica en otros estudios, como son aquellos dirigidos a valorar las pérdidas de calor en edificios, la localización de puntos calientes en tendidos eléctricos, el cálculo de curvas de reflectancia del terreno, etc.

Palabras claves: teledetección, cámaras térmicas, infrarrojos, FLIR.

ABSTRACT: The development and availability of infrared sensors for monitoring and/or measuring for remote sensing projects have experienced a big growth. Among the most direct uses could be addressed studies to monitor evolution of forest fires and those ones for the achievement of accurate census of groups of birds or mammals.

This paper aims to expose the feasibility of this kind of sensors and cameras for such purpose and their use in other applications as a main tool: assessment of heating losses in buildings, study of hot spots in electrical networks, to calculate reflectance curves of ground, as so on.

Key words: remote sensing, thermal cameras, infrared, FLIR.

INTRODUCCIÓN

Se pretende presentar la utilización de sensores térmicos tanto de visualización como de medida desde plataformas terrestres y aéreas (figura 1) para la obtención rápida y eficiente de datos de los objetos y fenómenos bajo estudio.

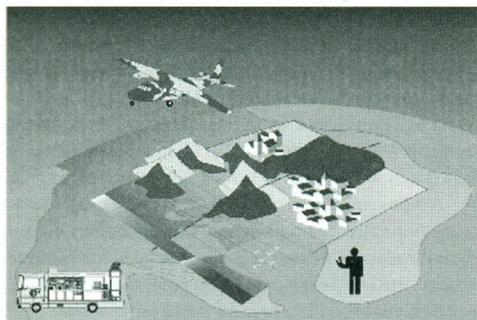


Figura 1. Capacidad de operación de los sensores.

Se describen dos aplicaciones elegidas por su gran relevancia asociada a su impacto ecológico y económico, como son la detección y monitorización en tiempo real de incendios forestales y la realización de censos de poblaciones de aves u otros animales. El análisis sobre evolución de incendios forestales se ha realizado dentro del programa "FUEGO" financiado por la Agencia Espacial Europea. La aplicación al cálculo de censos de aves se llevó a cabo en colaboración con la Dirección General para la Conservación de la Naturaleza.

Disponer de censos fiables de poblaciones animales, en este caso de aves (gaviotas), tiene un gran interés para realizar un seguimiento de su evolución, entender los factores que influyen sobre su variación demográfica, etc. Normalmente estos censos se vienen realizando mediante recuentos manuales, en condiciones de iluminación diurna. En algunos casos estas condiciones de observación no son adecuadas debido a los hábitos de los individuos, a la dificultad de acceder al lugar donde se reúnen sin alterar la medida o a otras circunstancias.

En el caso de la realización de censos de gaviotas, el momento del recuento en el que este puede ser más preciso es aquel en el que se reúnen para dormir. Las condiciones de iluminación entonces son muy desfavorables para utilizar sensores que operan en el rango visible del espectro. Las cámaras sensibles a la radiación infrarroja térmica son entonces muy útiles. Además, los "dormideros" o lugares en los que se reúnen estas aves para pasar la noche, suelen ser bastante inaccesibles: en el centro de lagunas o embalses. Se hace entonces necesario la utilización de una plataforma desde la cual el sensor observe al grupo bajo un ángulo que le permita discriminar y contar los individuos.

Los errores cometidos en un recuento manual se estima que son el 20% del valor real de la población. (Cantos, 1983; Cantos y Tellería, 1985).

En cuanto a los incendios forestales, la realización de estudios de su evolución bajo diversas condiciones atmosféricas, en diferentes terrenos, la realización de mapas de temperaturas, etc., permite la elaboración de modelos predictivos de su evolución bajo distintos valores de los parámetros incluidos en los mismos: humedad del aire, del combustible, dirección e intensidad del viento, pendiente, etc.

Por otra parte los sensores infrarrojos de medida pueden ser utilizados como equipos de visualización y tratamiento de imágenes en tiempo real, para la determinación de focos, elaboración de mapas de temperatura de un incendio extenso, etc., que pueden ser entonces una fuente de información muy útil para la toma de las decisiones adecuadas por parte de los responsables de gestionar los recursos disponibles para su extinción.

Asimismo, es de destacar la instalación reciente de torretas instrumentadas con cámaras térmicas para la detección temprana de focos de incendio en zonas muy concretas de alto interés y los estudios de viabilidad técnica y económica para la implementación de una constelación de satélites dotados con sensores IR, alternativa muy atractiva cuando la zona que se desea vigilar es muy extensa.

SENSORES

Para la realización de censos de aves se emplearon imágenes obtenidas con sensores instalados en una plataforma giro-estabilizada TADIRAN MKD-400 NDP (figura 2). Se trata de un equipo que ofrece gran flexibilidad de montaje, está preparado para ser instalado en plataformas aéreas o en plataformas terrestres. Consta de dos sensores, una cámara CCD B/N de estado sólido con zoom automático desde $1,8^\circ \times 1,4^\circ$ a $11^\circ \times 8,2^\circ$ y un FLIR (Forward Looking Infrared) con tres campos de visión, ambos sensores se encuentran perfectamente alineados.

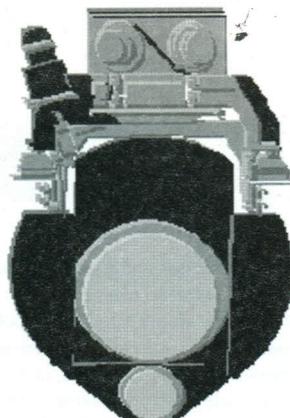


Figura 2. Plataforma TADIRAN MKD-400 NDP

Las características de este último sensor son las siguientes:

Campo óptico: $29^\circ \times 18,7^\circ$, $8,5^\circ \times 5,4^\circ$ y $2,4^\circ \times 1,5^\circ$
 Campo electrónico: $1,2^\circ \times 0,75^\circ$
 Frames por segundo: 1÷2
 Salida: vídeo estándar CCIR (625 líneas/50Hz)
 Control de ganancia y nivel: manual y automático
 Número de detectores: 120
 Tipo de detector: MCT-PC
 Banda espectral: 8-12 μm
 Foco: 100 metros a infinito
 IFOV: 0.07 mrad
 Sensibilidad térmica: 0,3K

Ambos sensores permiten la visualización en tiempo real, y su línea de visión se puede orientar mediante un *joystick*, variando los ángulos de azimut y elevación de la plataforma, lo que permite el seguimiento en todo momento de los blancos que se están observando.

En cuanto al estudio de los incendios forestales, se utilizaron sensores térmicos de medida instalados a bordo de un avión Aviocar CASA-212-200.

Los equipos que se utilizaron fueron dos cámaras térmicas AGEMA SWB y LWB (figura 3) operativas en las bandas de 3-5 micras y 8-12 micras respectivamente. Ambas incluyen ruedas de filtros y aperturas seleccionables manualmente. Las imágenes fueron digitalizadas en tiempo real y registradas mediante un sistema BRUT de adquisición rápida, quedando almacenadas en disco duro para su posterior análisis.

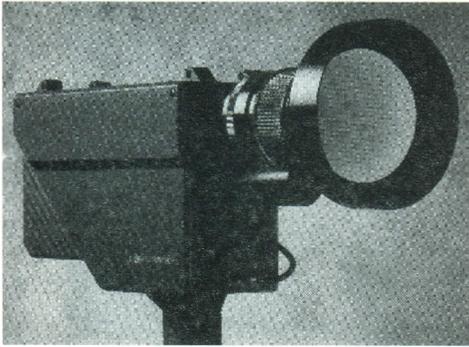


Figura 3. Cámara térmica AGEMA.

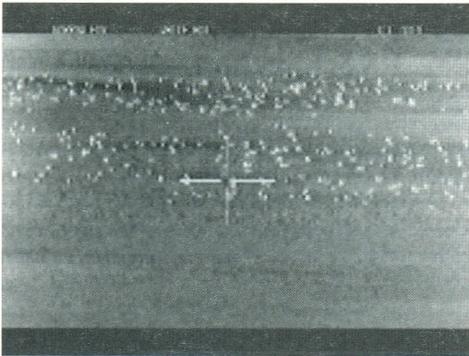


Figura 4. Imagen FLIR de aves (gaviotas).

Las características de esta cámara son las siguientes:

- Refrigeración: Ciclo Stirling
- Detector MCT
- Respuesta espectral: 8-12 μm
- Rango de temperaturas: -20 a 1500°C.
- Resolución: 175 elementos/línea (90% SRF).
- Lentes: 7° y 20°
- Sensibilidad: 0.1K
- IFOV (7°)=0,66 mrad, IFOV(20°)=1,90 mrad.

Los datos se pueden registrar en un fichero ASCII, con los valores de temperatura aparente de cada píxel, o en un fichero TIFF con los valores codificados en 12 bits.

METODOLOGÍA Y RESULTADOS

Para la determinación del censo de aves, se utilizaron las imágenes de vídeo registradas con el sensor FLIR montado sobre el Laboratorio Móvil estacionado en una

elevación del terreno próxima al área donde se encontraba el dormidero, con el objeto de conseguir el máximo ángulo de observación.

Se realizó un mosaico con las imágenes obtenidas cubriendo toda la extensión de la zona de estudio. La digitalización se realizó con el programa informático Global Lab Image. La imagen digitalizada se visualizó en 256 niveles de gris, donde los valores más altos/más calientes correspondían a las gaviotas (puntos blancos) y los más bajos/más fríos (zonas oscuras) al fondo, en este caso agua, tal como se muestra en la figura 4.

El programa permite seleccionar y definir unas zonas a partir de un umbral radiométrico especificado. Se tomó como tal un valor intermedio entre aquellos correspondientes a la emisión de las gaviotas y el del agua. Posteriormente se realizó un recuento automático de las zonas o "manchas" que aparecieron (figuras 5 y 6).

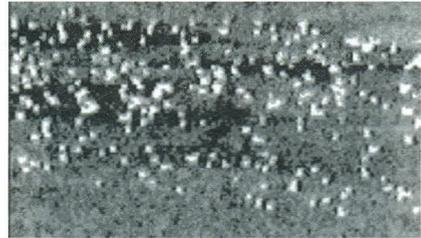


Figura 5. Detección automática de zonas.

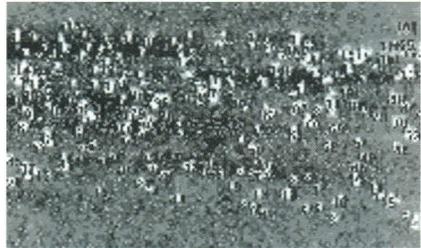


Figura 6. Conteo automático.

En las figuras se presentan las fases más significativas del proceso de análisis, la obtención de la imagen original, que debe ofrecer el máximo contraste térmico entre los individuos y el fondo. Asimismo, debe corresponder al momento en el que se da una mayor agrupación de aves, debe haber sido tomada bajo un ángulo suficientemente elevado para discriminar entre individuos, etc. Las fases siguientes son la definición de las áreas en las que se encuentran los grupos a contar y por último, el recuento total de los mismos.

En el proyecto de análisis de incendios forestales, la obtención de las imágenes se realizó desde un avión, con dos cámaras térmicas AGEMA. Se registró en dos bandas espectrales del infrarrojo térmico para un posterior proceso en el laboratorio.

Estos ensayos tenían por objeto realizar un mapa de temperaturas aparentes en distintas parcelas sobre quemadas controladas. Para ello se instalaron termopares en distintos puntos terreno y a distintas alturas sobre el suelo. Las lecturas que proporcionaron se compararon con los datos de temperaturas aportados por las imágenes térmicas tratadas y corregidas.

La secuencia de imágenes que se muestra a continuación aporta una idea de la evolución de esas quemadas (figuras 7, 8 y 9). En las siguientes imágenes aparecen en color blanco los frentes de llama. En la parte central superior de la imagen aparece el foco más activo del incendio, cuya evolución se puede seguir mediante las imágenes posteriores. En la parte inferior, aparecen otros focos de incendios secundarios.

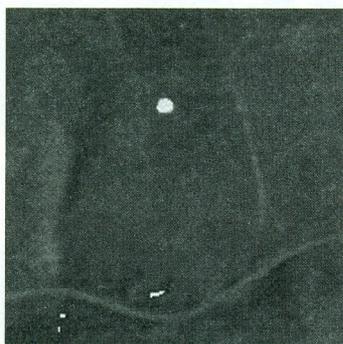


Figura 7. Inicio del fuego.



Figura 8. Extensión del fuego e identificación de otros focos calientes.



Figura 9. Evolución del fuego.

CONCLUSIONES

Se ha concluido y determinado la eficacia de la utilización de los sensores térmicos para detectar aves (día y noche), y consecuentemente la utilización de las imágenes térmicas para la realización de censos de forma directa, así como la estimación de los errores cometidos por el conteo automático. Se han estimado estos errores inferiores a un 5% respecto al valor real.

Se ha puesto de manifiesto la eficacia de la utilización de sensores térmicos para el registro, caracterización y estudio de los incendios y su evolución, influidos por las condiciones orográficas y medio-ambientales, así como para la elaboración de mapas térmicos del incendio. Otra aplicación de gran interés es la detección temprana de incendios para proceder a su rápida extinción.

BIBLIOGRAFÍA

- CANTOS, F. J. 1983. Errores asociados a los conteos de los grupos de aves. Estudio metodológico. Tesina de Licenciatura. Universidad Complutense de Madrid.
- CANTOS, F. J. y TELLERÍA, J. L. 1985. Errores asociados a los conteos de formaciones de aves en vuelo. *Ardeola* 32 (2): 392-400.
- CANTOS, F. J., JIMÉNEZ M., FERNDEZ-RENAU A., GÓMEZ J. A., DE JUAN F., DE MIGUEL E. y SANGLIER G. 1999. Application of sensors and thermal cameras for census of winter roosts of birds. *Ardeola* 46 (2): 187-193.

AGRADECIMIENTOS

- Al 403 Escuadrón del CECAF por el apoyo aéreo prestado para la realización de los ensayos.
- CIF, Centro de Investigación de Lourizán.
- Dirección General de la Conservación de la Naturaleza.