

Automatización de los sistemas de interpretación de imágenes

CANDIDO MENA ALTAMIRANO
Teniente Coronel de Aviación

EN el campo del Reconocimiento Aéreo Táctico el principal objetivo perseguido por la técnica es: Reducir el ciclo de reconocimiento, haciéndolo pasar de días a horas y, a ser posible, de horas a minutos.

Esto es debido a que la información en tiempo casi real es indispensable para apoyar el ataque a los sistemas de armas enemigos que son cada vez más móviles.

Un sistema aéreo táctico de información, en tiempo casi real, implica tres elementos esenciales:

- Recogida de datos.
- Enlace de datos aire-suelo (data link).
- Explotación de datos y/o imágenes.

Este último elemento, explotación de datos, es el que se va a tratar en este trabajo.

La fase de explotación de las imágenes, o datos procedentes del reconocimiento aéreo táctico, comprende estas tres posibilidades:

- Detección de objetivos.
- Identificación de objetivos.
- Localización de precisión (o localización exacta de los objetivos).

Los esfuerzos tecnológicos en relación con la detección de objetivos consisten en llegar a poner a punto los sistemas que permitan: La correlación automática de objetivos, la detección automática de los cambios que se hayan producido y el tratamiento continuo de las imágenes para poder hacer fácilmente la selección de zonas más probables para localizar objetivos. (FOTOS 1, 2, 3 y 4).

Las investigaciones sobre la identificación de objetivos comprenden las técnicas para la identificación automática de esquemas y configuraciones, así como, las técnicas semiautomáticas de ayuda al analista,

para establecer la relación entre los datos aportados por los sensores, y los datos de inteligencia, almacenados en los bancos de datos.

Las técnicas de localización exacta de objetivos en tiempo casi real, comprenden aquellas que tienden a situar los objetivos sobre imágenes

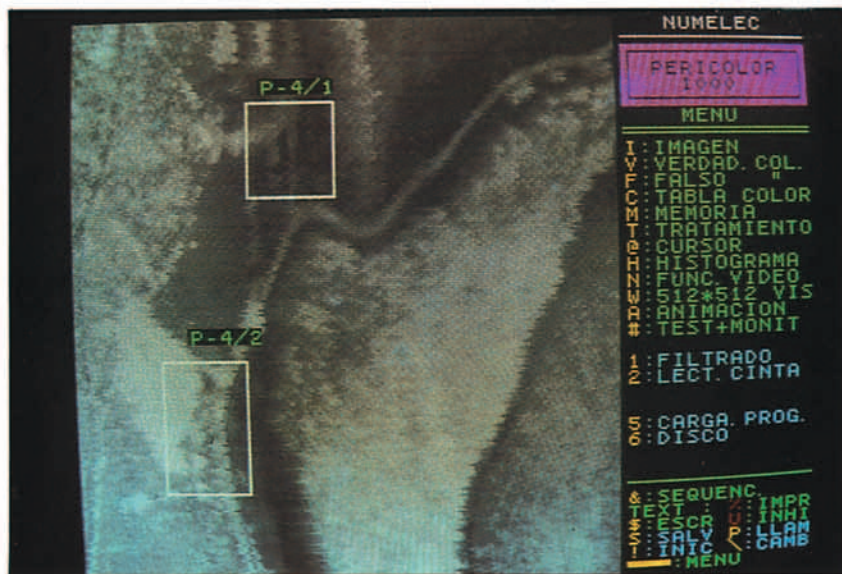
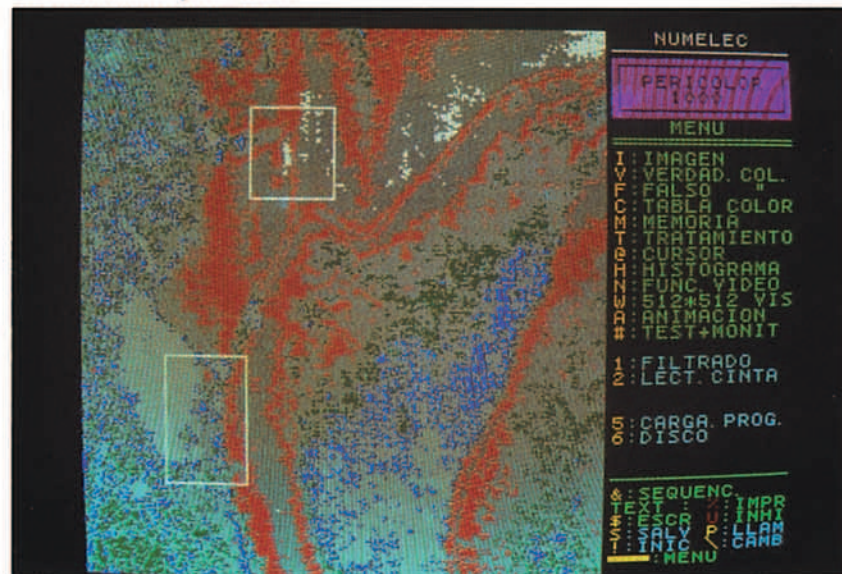


Imagen original, monocromática. En ella se han remarcado dos zonas de posible ubicación de un determinado objetivo. (Foto 1).



La aplicación de colores sobre umbrales deducidos del estudio de histogramas de la imagen, destacan determinadas características: Formas, temperaturas, tamaños, sombras... (Foto 2).

nes fotográficas, así como aquellas que tienden a hacer la localización al mismo tiempo que la identificación.

En resumen, este artículo tratará los aspectos comunes a un sistema numérico de explotación de imágenes, relacionado con un sistema tradicional, llegándose, en esta comparación, a deducir su posibilidad de empleo en el campo táctico.

SITUACION GENERAL

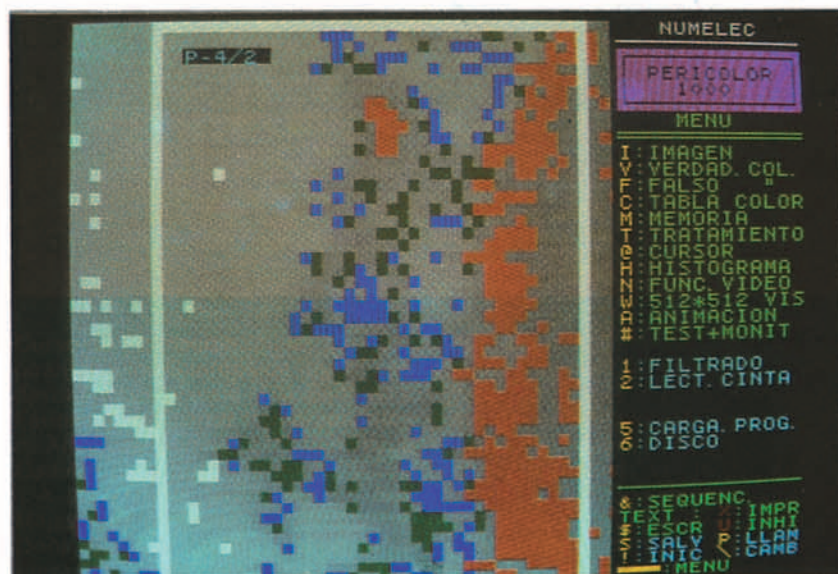
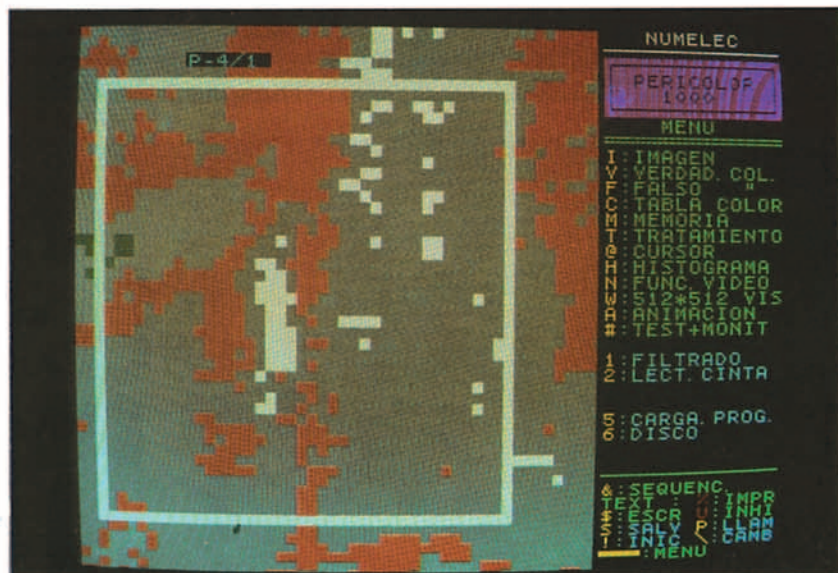
Una de las misiones de las fuerzas aéreas tácticas es neutralizar las unidades terrestres enemigas en el campo de batalla.

Los detectores ópticos de reconocimiento que emplean películas como soporte, se vienen utilizando desde los comienzos para la obtención de información que permita la identificación y la localización de objetivos.

Las limitaciones de estos detectores usados tradicionalmente en las operaciones tácticas han evolucionado favorablemente. Así, la principal limitación de los detectores ópticos, que era su uso necesario en condiciones de luz favorables (de día y con cielo despejado), quedó salvada al final de los años cincuenta gracias a la aparición de los sensores por infrarrojos y del radar,

que atenuaron las dificultades de las misiones nocturnas o en todo tiempo. A pesar de esto, el empleo de películas para recoger la información ha seguido limitando gravemente el logro oportuno de la información táctica. Esto es debido a la demora entre que el avión sobrevuela el objetivo y el avión regresa y se procesa la película. Luego vendrá la interpretación, que comprenderá: Tratamiento, identificación y localización del objetivo. El tiempo requerido para cumplimentar estas funciones se mide en horas. La creciente movilidad de los sistemas de armas tácticos imponen la necesidad de tener a punto métodos para detectar, identificar y localizar los objetivos tácticos en minutos y a ser posible en segundos. A fin de hacer frente a esta necesidad urgente, los sistemas de inteligencia tratan de actuar en tiempo casi real. Este concepto viene a definir el proceso por el cual la información táctica es proporcionada a los elementos de mando y de conducción de las operaciones con tiempo suficiente para reaccionar en forma adecuada y oportuna. Para llegar a alcanzar esta inteligencia en tiempo casi real se han imaginado sistemas de reconocimiento francamente revolucionarios. Sin embargo, las fórmulas iniciales (en la década de los sesenta) estuvieron limitadas por el desarrollo técnico que aún era escaso. Los sistemas que se usaron en esta época utilizaban sensores bastante perfeccionados que permitían actuar en todo tiempo, tanto de día como de noche, y que proporcionaban la posibilidad de recoger imágenes en cualquier condición aunque la explotación en tiempo casi real, de estos datos, aún no era posible. La cantidad de datos que llegaban al sensor era muy grande y esto obligaba a seguir registrándolos sobre películas a base de sales de plata. Los problemas anexos sobre tratamiento químico, y manipulación de las películas, hacían crecer las desventajas al llegar a la fase de explotación de las imágenes dentro del ciclo de reconocimiento.

El primer sistema de reconocimiento por imágenes en tiempo casi real estuvo a punto, y ensayado experimentalmente, hacia el final de los años sesenta. Hacia uso de un sensor de infrarrojos que registraba los datos en cinta magnética, al tiempo que los presentaba, a



La ampliación, mediante variación de escala, permite la comparación de ambas zonas. El tratamiento determinó, en este caso, que el objetivo estaba situado en el punto 1 (Imagen 3). (Fotos 3 y 4).

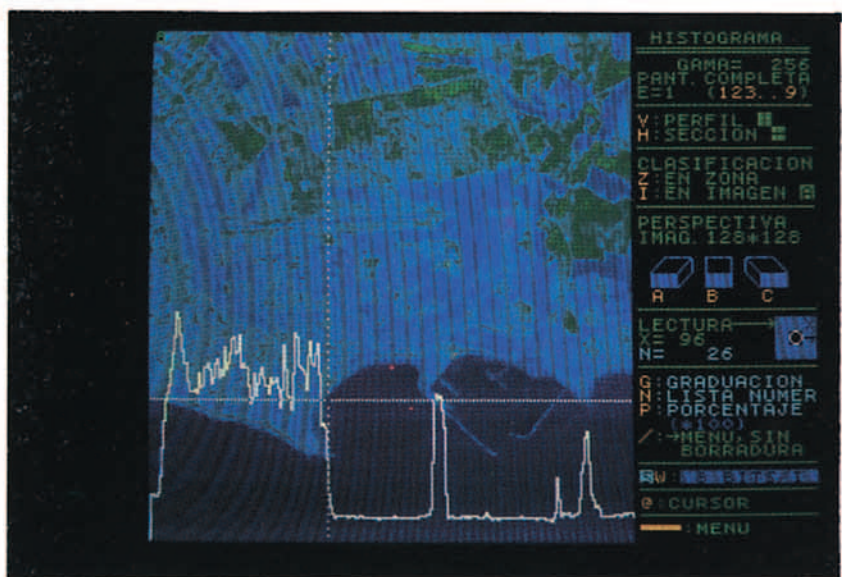
bordo del avión, en un tubo de rayos catódicos (eliminando el registro analógico sobre película). Los datos registrados sobre cinta magnética eran explotados con éxito en los laboratorios basados en tierra. Gracias a la rapidez de estos sistemas, aparecieron diversas versiones que pretendían mejorar la llegada oportuna de los datos de inteligencia. Los primeros éxitos, logrados con imágenes infrarrojas registradas eléctricamente, condujeron en poco tiempo, a la realización de sistemas de enlace de datos (data link) que permitían transmitir directamente, a los sistemas de explotación en el suelo, las imágenes infrarrojas y radar. Estos avances suprimieron el tiempo necesario para que el avión de reconocimiento regresara a su base y los datos fueran descargados de los almacenes del detector. A partir de aquí los avances han continuado a fin de mejorar progresivamente las características de estos medios de detección y de enlace de datos en tiempo casi real.

Un sistema de reconocimiento táctico por imágenes en tiempo casi real, ya se ha dicho que, implica tres elementos esenciales: La recogida de imágenes, su transmisión aire-tierra y su explotación en tiempo casi real. Los sistemas a la tecnología para poner en servicio los dos primeros elementos han progresado con eficacia. La aparición de tecnologías para la recolección y transmisión en tiempo casi real han aumentado los problemas de la fase de explotación. La demora necesaria para la detección de objetivos, su identificación y posterior localización (lo que constituye el proceso de explotación de las imágenes) constituyen una grave laguna y ponen límite a la eficacia general de los sistemas de reconocimiento por imágenes en tiempo casi real.

La necesidad de reaccionar con rapidez, desde el punto de vista de la explotación de imágenes, ha producido un importante empuje en los programas de estudio y de investigación con la intención de ayudar al intérprete de imágenes. Los centros de estudio de estos sistemas han encontrado serios problemas de interdependencia en la explotación de imágenes, por ejemplo, entre la elevada cadencia de datos requeridos por los sistemas y los tiempos exigidos para realizar



Imagen original, procedente de una sola banda de frecuencias. (Foto 5)

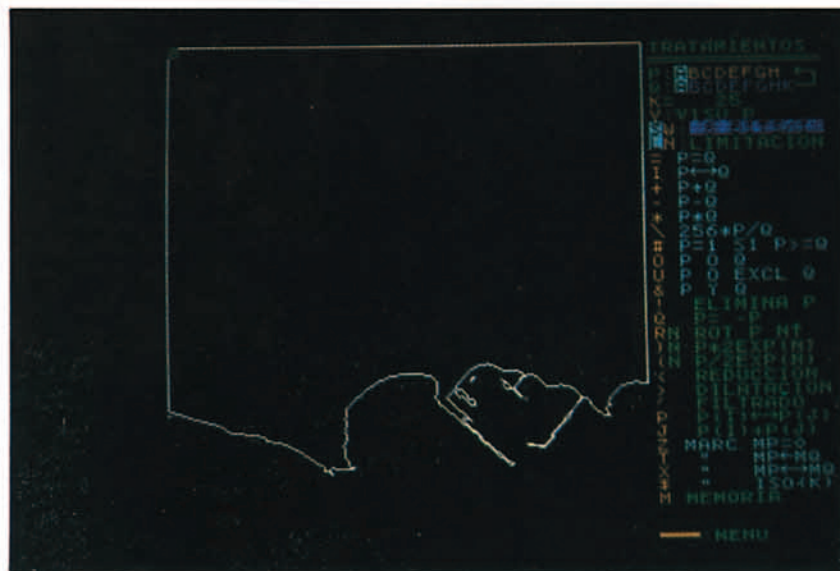
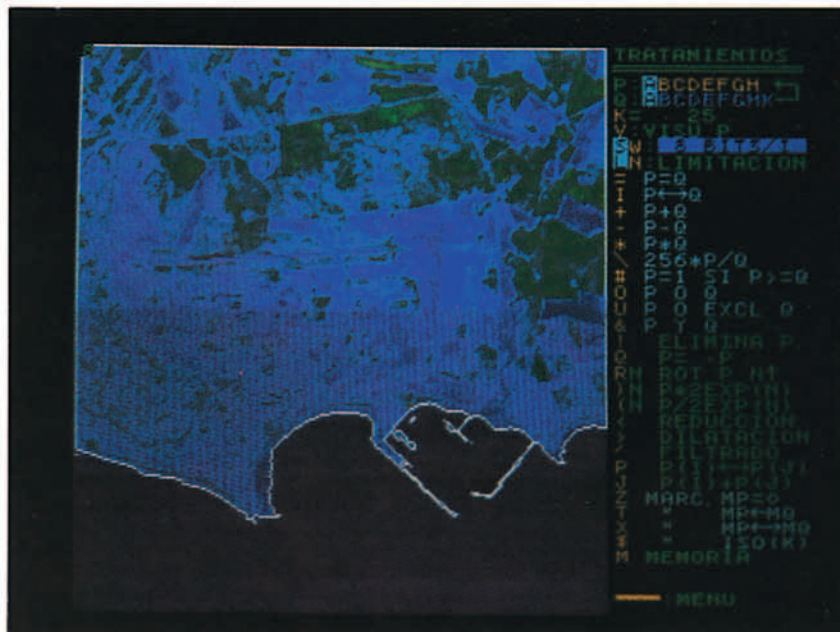


Presentación de la curva de reflectancia de los puntos próximos a la costa (línea blanca horizontal seleccionada con el cursor). (Foto 6).

la explotación numérica de las imágenes. Este elemento, el tiempo, resulta de primordial importancia.

Cuando un vector capaz de recoger datos se dirige contra un objetivo único, o contra un número reducido de objetivos, la cadencia de datos será relativamente baja y la puesta en marcha de un sistema de explotación en tiempo casi real será bastante simple. La realidad, sin embargo, demuestra que los sistemas de reconocimiento en tiempo casi real cubren en poco tiempo grandes zonas en el suelo, necesitando elevadas cadencias en el registro de datos. Así, una misión de dos minutos con dispositivos de

infrarrojos de visión frontal (FLIR) que cubriera los emplazamientos de cuatro objetivos, comprendería unas 3.600 columnas de datos. Los sistemas de radar pueden cubrir, en una hora, más de 4.000 millas cuadradas de superficie, lo que, cuando vayan a explotarse los datos obtenidos, exigiría a un intérprete medio, con los recursos actuales, unas 20 horas de trabajo intensivo y pocas horas menos a un intérprete muy entrenado que utilizara material de interpretación especializado. Para complicar el problema basta considerar más de un avión, trabajando todos con una misma estación en el suelo. Resulta ilógico



Proceso de extracción de bordes de gran utilidad para la detección automatizada. (Fotos 7 y 8).

pensar, de momento, en llevar a cabo el tratamiento bruto (imagen por imagen) de los datos obtenidos en una de estas misiones y en tiempo real. Los métodos clásicos que acuden a técnicas de explotación manual no pueden asumir los ritmos de llegada de datos en tiempo casi real. Habrá que aplicar otros métodos a fin de filtrar y seleccionar aquellos datos que permitan detectar la zona del objetivo, dejando de lado los que no afectan al trabajo que se pretende acelerar. (FOTOS 5, 6, 7 y 8).

Se trata de filtrar los datos de entrada para dejar pasar, como datos útiles, aquellos que se consi-

dere que contienen más información en relación con el objetivo.

FILTRAJE DE IMAGENES

Las técnicas de filtraje de imágenes pueden ser agrupadas en dos grandes categorías, que son:

- La puesta en correlación de las imágenes con la información de los bancos de datos.
- El tratamiento automático de las imágenes.

Correlación

Los subsistemas de puesta en correlación de las imágenes con la

información, implican hacer una correspondencia de los datos que tenemos con los de otras fuentes y de otros sensores, a fin de determinar qué elementos son los que interesan en una imagen determinada, y todo ello en tiempo real. En la mayoría de los casos las indicaciones procedentes de otras fuentes permiten detectar groseramente las zonas de actividad. Sin embargo, la naturaleza de otros detectores puede ser tal que los datos, para la identificación y localización exacta de objetivos, tengan que ser extraídos de los bancos de datos que se deben tener dispuestos (según las imágenes que se estén estudiando).

En las zonas alejadas, donde los sistemas de imágenes en tiempo casi real estarán desplegados a mucha distancia unos de otros, no podrá disponerse de medios de tratamiento ayudados por complejos ordenadores, en estas zonas será necesario recurrir a otros medios a fin de filtrar las imágenes. Pero filtrar a base de emplear numerosos fotointérpretes para cribar los datos y llegar a detectar los objetivos, suele ser una sobrecarga inaceptable; queda tan sólo utilizar técnicas de tratamiento automático de imágenes para filtrar y detectar objetivos en tiempo casi real. (FOTOS 9 y 10).

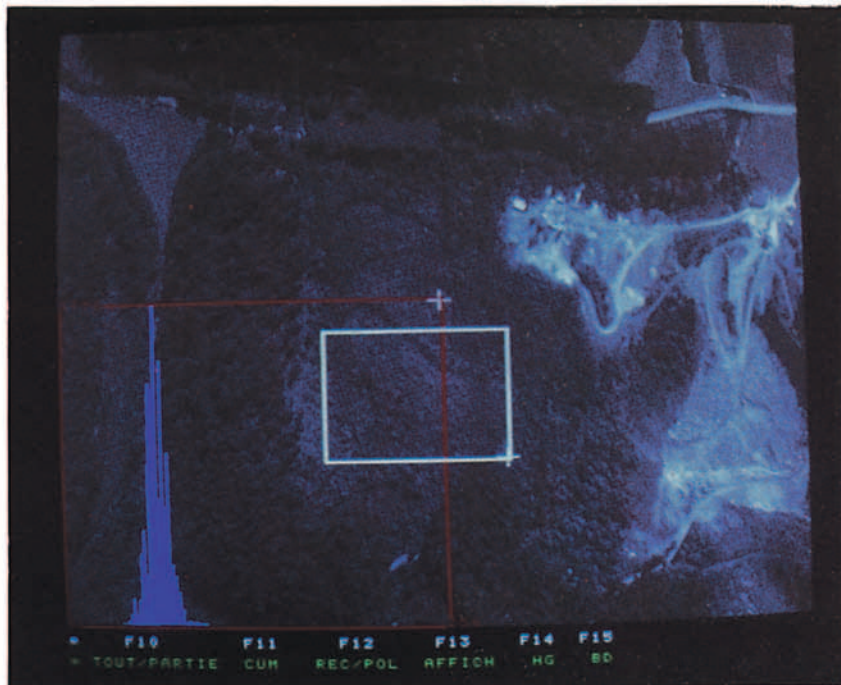
Tratamiento automático de imágenes

El tratamiento automático utilizado para filtrar las imágenes, puede considerarse desde dos aspectos:

- Examen automático de las imágenes desde el punto de vista analítico.
- Detección automática de los cambios (en comparación con imágenes precedentes).

El análisis crítico de imágenes, llevado a cabo de forma automática, recurre a técnicas automatizadas para el tratamiento lógico de las imágenes a fin de determinar, en ellas, la presencia de formas, tamaños, sombras y texturas acordes con el objetivo estudiado. También se utilizarán el tono, el color, el esquema de distribución de los elementos y la asociación de ciertos datos con el entorno en que se les encuentra al hacer el reconocimiento (FOTOS 11 y 12).

Los primeros intentos de análisis crítico automático, y de detección



La zona seleccionada con un rectángulo, en el centro de la imagen, carece de contrastes. Los valores de los "píxeles" de esta zona están muy próximos, como puede verse en la curva. (Foto 9).

de cambios, utilizaron complejas técnicas de filtraje óptico para la detección y la identificación de configuraciones de objetivos y de los cambios hechos en ellos. La complejidad y las dificultades hicieron que este camino diera resultados muy limitados. La alta tasa de falsas alarmas y de objetivos no detectados resultaba inaceptable.

La explosión tecnológica en lo referente al tratamiento numérico, condujo a la aplicación de técnicas para el tratamiento numérico de las imágenes. Actualmente son éstas las técnicas que se están empleando, tanto par el examen crítico como para la detección de cambios, en las imágenes procedentes del Reconocimiento aéreo.

DETECCION E IDENTIFICACION DE OBJETIVOS

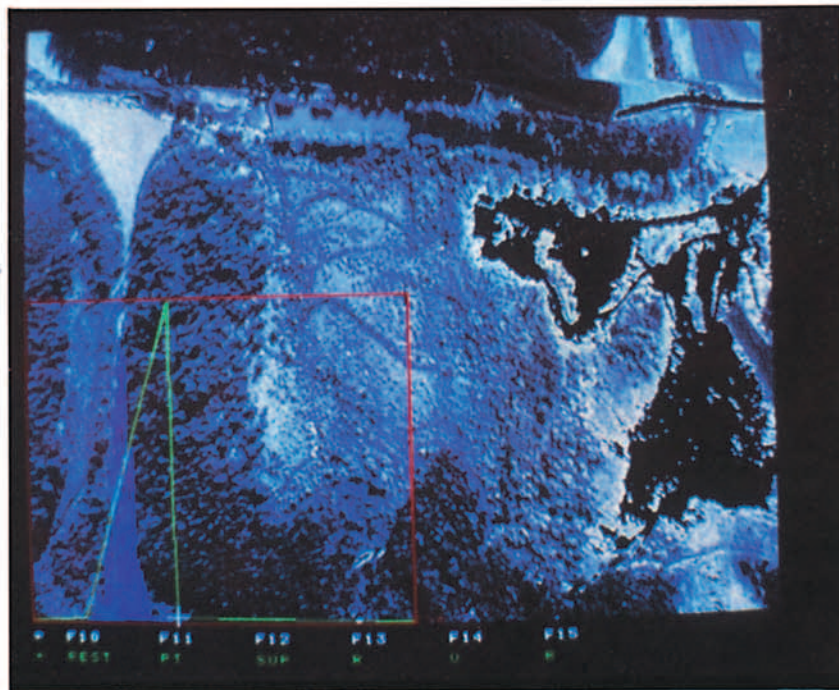
El método de análisis crítico automático para la detección de objetivos en tiempo casi real, se basa en tecnologías derivadas de los sistemas de guiado utilizados por los misiles en sus cabezas buscadoras de radiación infrarroja. También en las tecnologías de tratamiento continuo utilizadas en el estudio de objetivos. Estas últimas dan buenos rendimientos debido a que emplean microinstrucciones, así,

en el caso del infrarrojo, el umbral de las señales permite detectar objetivos que se presentan calientes en comparación con el fondo que deberá estar más frío, entonces será posible detectarlos. Sin em-

bargo, para los detectores electro-ópticos y el radar, el problema es mucho más complicado.

En principio, para la detección de objetivos en tiempo real, o casi real, hace falta acudir a técnicas de tratamiento continuo que ejecutan automáticamente las mismas funciones para cada "pixel" (elemento de imagen) y para cada una de las imágenes. Para poder aplicar estos procedimientos, los datos tienen que estar normalizados y además catalogados en tablas que permitan un fácil examen, para que los detectores al recibir las grandes masas de datos registren aquellos que se consideren óptimos para la detección de los objetivos. La siguiente operación, en el proceso de tratamiento continuo, es normalmente una especie de filtraje, que podrá ser de paso bajo o de paso alto, con la intención de efectuar una primera eliminación de los bits de información no deseados, así como de las señales que no forman parte de la imagen.

La detección propiamente dicha puede consistir en un análisis de los tonos de gris y en una correcta aplicación de algoritmos sobre histogramas que permitan la elección de los umbrales para, si se desea, aplicar sobre ellos los filtrajes ade-



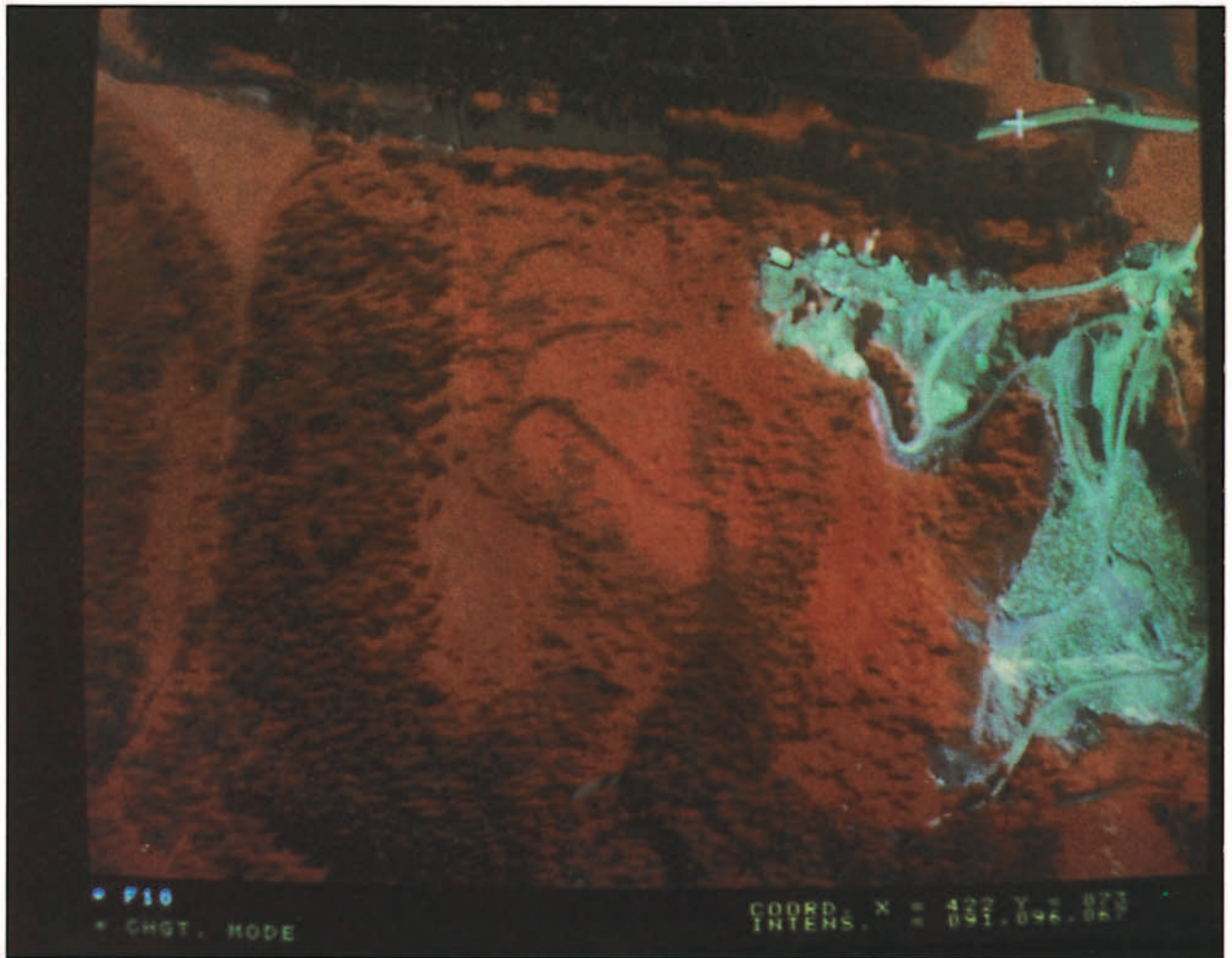
Los valores se han repartido ahora, mediante un algoritmo que ajusta la curva primitiva, dentro del triángulo superpuesto. Al separar los valores se consigue un contraste más adecuado que, aplicado a toda la imagen, permite analizar la zona de interés, aunque se empeore el contraste en otras zonas menos importantes. (Foto 10).

cuados. El reglaje de los circuitos de control automático de los umbrales determinará los porcentajes de falsas alarmas y de objetivos no localizados.

La detección de objetivos se lleva a cabo mediante el ensamblaje de la imagen utilizando un proceso de interpolación que lleva a sustituir (en general) un pixel, por otro de valor calculado de acuerdo con los valores de los pixeles vecinos, con esto la imagen se va reduciendo

ción original. Resultará que el sistema de detección de objetivos indicará al ordenador la existencia de un blanco sobre una línea y en un número determinado de pixeles (puntos elementales), entonces una subimagen, con esos pixeles del posible objetivo, se transmitirán inmediatamente, para verificación, al primer intérprete disponible. Esto elimina la necesidad de tener a los intérpretes examinando atentamente imágenes completas cada vez

para verificación de los intérpretes. En el caso de una detección favorable, el intérprete puede elegir ese modo de criba, o filtraje, que automáticamente, le proporcionará las subimágenes de otros posibles objetivos, pudiendo examinarlas y llegar a detectar, e incluso identificar, los objetivos con la ayuda del ordenador. Es decir, lo aconsejado será utilizar objetivos patrón para sobre ellos elegir el método de filtraje idóneo, que luego se aplicarán sobre



El cursor se ha situado sobre un tramo de carretera (en la parte superior derecha). La función "firma espectral" permite obtener los componentes de color de un pixel perteneciente a esta carretera. (Foto 11).

hasta quedar en una escala óptima para la detección, pero sin perder la resolución requerida para que siga siendo posible la detección de ese objetivo en concreto.

La detección de objetivos se hará directamente a partir del bloque principal de datos numéricos de las imágenes, que se almacenarán en discos con su densidad y resolu-

que aparezca un posible blanco.

La identificación automática de objetivos será del todo posible con el progreso de las técnicas de tratamiento continuo, utilizando un filtraje multidimensional capaz de efectuar la tarea, no sólo de detectar, sino de identificar automáticamente blancos. Los resultados de las identificaciones serán anotados

objetivos reales de parecidas características.

DETECCION DE CAMBIOS

El otro método para filtrar imágenes, en tiempo casi real, es el que recurre a la detección automática de los cambios. Las simulaciones por ordenador han facilitado la

posibilidad de detectar numéricamente, y de forma automática, las modificaciones habidas entre pares de imágenes sobre películas radar SLAR. Estos estudios han llevado a la puesta a punto de procedimientos numéricos para el alineamiento y comparación de pares fotográficos (sea cual sea su origen) que resultan más exactos que los realizados analógicamente.

¿DONDE APARECEN LOS PROBLEMAS?

Estos sistemas de filtrado de imágenes se están utilizando para tratar grandes volúmenes de datos, con la intención de examinar y detectar la actividad de los objetivos. Los resultados obtenidos han tenido que ir mejorándose debido a la aparición de dos tipos de problemas:

- Las falsas alarmas.
- Los objetivos perdidos, por no ser detectados.

Lo primero se produce cuando el detector de objetivos, o el detector de cambios, señala la existencia de blancos en lugares donde realmente no los hay.

Para reducir el número de falsas alarmas, los trabajos de investigación se orientaron hacia procedimientos que utilizaban técnicas de análisis a base de combinaciones lógicas y automáticas, para conseguir la verificación de los objetivos, antes de producirse la falsa alarma. Otro método utilizado consiste en aumentar los umbrales y los criterios de detección de objetivos, pero con este sistema a la vez que se disminuyen las falsas alarmas, pueden aumentarse los casos de objetivos perdidos por no ser detectados.

En la actualidad estos problemas no sólo están casi resueltos, sino que se están poniendo a punto dispositivos de examen crítico (filtraje) en las propias plataformas en vuelo, consiguiéndose una significativa disminución de las cadencias de llegada de datos, para su más fácil envío a tierra por enlace de datos.

Conforme las aplicaciones aéreas y las terrestres van siendo examinadas, se procede a un análisis cuidadoso de los datos ensayados operativamente y, el resultado de este proceso es la disminución de las falsas alarmas y de objetivos no

detectados, así como, la solución a cualquier otro problema que pueda aparecer.

Los avances conseguidos en el tratamiento automático y en la intensificación visual de imágenes, son aplicables a la detección de objetivos. La mayor atención se presta al tratamiento automático de las cadencias de datos de entrada al detector. Un operador, que haga el papel de detector de objetivos, no puede manejarse de forma coordinada cuando trabaja en un ordenador complejo al que llegan grandes volúmenes de datos brutos. Para ayudarle hay que reducir la cadencia de entrada de datos, así el operador tendrá tiempo de actuar sobre el sistema para mejorar al máximo la presentación visual de un objetivo.

LOCALIZACION DE OBJETIVOS

Tratadas las fases de detección y de identificación de objetivos, llegamos a la tercera cuestión en la explotación de imágenes en tiempo casi real: La localización de objetivos.

Un subsistema de localización exacta resulta imprescindible cuando se pretende dar apoyo por el reconocimiento a las unidades tácticas. Actualmente, la forma de proceder para obtener las coordenadas de un objetivo necesita el empleo de cartas y planos de un archivo central. Las coordenadas obtenidas sobre cartas y planos no tienen la precisión requerida para operar con los sistemas de ataque nocturno o en todo tiempo.

El almacenaje y la extracción de datos en estos archivos cartográficos es manual y lleva bastante tiempo. No se dispone de métodos para manipular cantidades importantes de datos para resolver estos problemas y será costoso ponerlos a punto y, después, mantenerlos en estado operativo. La transferencia de puntos es un proceso manual o ayudado por ordenador y está, por el momento, sujeto a errores además de ser lento. El tiempo necesario para transferir puntos lleva de 5 a 15 minutos para escoger la imagen y ponerla en el sistema, y de 5 a 10 minutos para situar un solo punto. Para atender las exigencias del tiempo casi real, la función de localización debe efectuarse en minutos e incluso en segundos sin que esto repercuta en el proceso de

detección, de identificación o de transmisión de las informaciones.

Las aplicaciones de cualquier sistema perfeccionado de localización exacta de objetivos en tiempo casi real, tienen como meta obtener información sobre localización exacta de cualquier objetivo con una precisión suficiente que permita:

- La identificación.
- La decisión de intervenir.
- La ejecución de la misión.

Además, la precisión requerida será la necesaria para que los sistemas de lanzamiento de armas tácticas puedan emplearse durante la noche y bajo cualquier condición meteorológica adversa. Se trata, en resumen de poner a punto un sistema de localización precisa, de no importa qué objetivo, encontrado en cualquier imagen, obtenida en una de las bandas de trabajo del más completo detector múltiple.

Un subsistema de localización básico debe estar abierto a los avances tecnológicos, debe ser modular, y su funcionamiento es aproximadamente así:

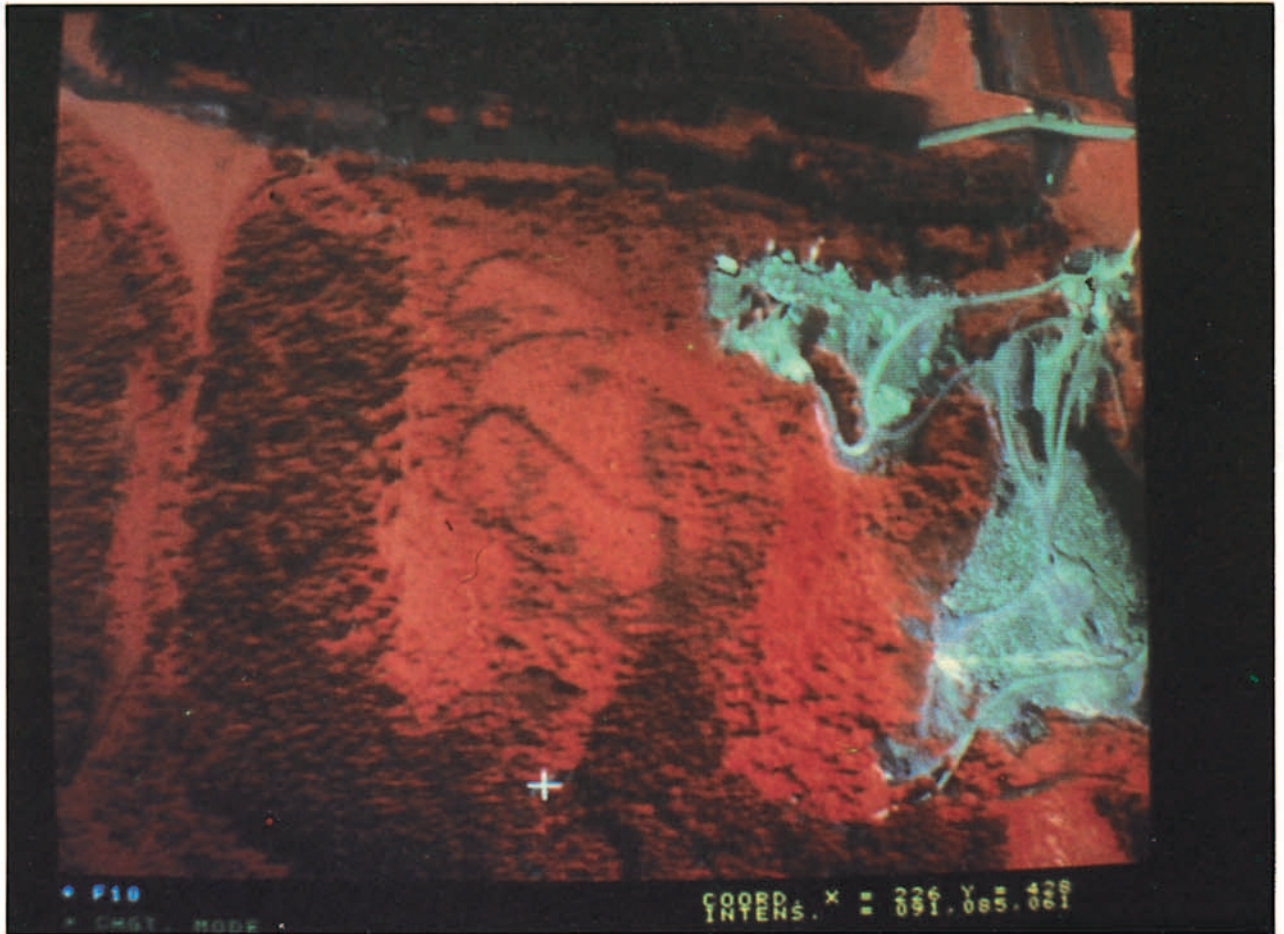
El fotointérprete marca un objetivo sobre el subsistema de presentación por medio de un cursor, o de un puntero, y ordena al sistema que fije su emplazamiento exacto. El subsistema de localización ejecutará entonces las operaciones necesarias para calcular los emplazamientos en el sistema de coordenadas de referencia deseado, sea cual sea, y reenviará la información en coordenadas al operador para que las haga figurar en el informe.

En estos procesos tendrá su parte la fotogrametría y ciertas tecnologías en desarrollo.

En función de los datos de entrada y de la precisión de los sensores utilizados, hay dos métodos posibles para resolver el problema.

Si los datos del detector de reconocimiento comprenden información precisa sobre la posición y la altitud del vehículo y sobre el modelo matemático del detector, entonces resulta factible elaborar una técnica directa de localización a fin de obtener las coordenadas de los objetivos de forma precisa y rápida.

Pero si no se conoce la posición del vehículo detector, ni su altitud, ni el modelo matemático, o si los datos sobre estos parámetros no son muy precisos, habrá entonces que recurrir a otra técnica que



Posteriormente se llevó a cabo la siguiente experiencia. Se tapó la pantalla dejando a la vista la parte inferior donde sólo aparecen los valores de los componentes de color del pixel sobre el que se sitúa el cursor. De forma manual se movió el cursor sobre la imagen (que estaba oculta) hasta que los valores numéricos que se observaron, como parte de la firma, coincidían con los asignados en la figura 11. Destapada la pantalla se comprobó que el cursor estaba sobre un pequeño tramo de carretera visible entre la masa de árboles. Quedando demostrada la posibilidad de identificar objetos de forma automática. (Foto 12).

exigirá disponer de un archivo central de señalamiento de emplazamientos (PPDB).

Estas dos técnicas deben desarrollarse porque es muy probable que en ciertos momentos no se disponga de información precisa sobre la posición y la altitud del vehículo portador.

RESUMEN Y CONCLUSIONES

La aparición de la tecnología numérica en favor de la explotación de imágenes en tiempo casi real, ofrece la ocasión de poner a punto y de poner en servicio, un sistema numérico de explotación de imágenes que sea universal. Este sistema utilizará dispositivos de compatibilidad de detectores, de tal forma que todos los sistemas de detectores numéricos en tiempo casi real encontrarán en tierra el apoyo de un sistema común de explotación de

imágenes. Este sistema común podrá funcionar de forma relativamente independiente sea cual sea el tipo de detector, el origen de la imagen o su nacionalidad.

El sistema común de explotación de imágenes ofrece otras ventajas. Por ejemplo, a medida que sea puesta a punto y experimentada una tecnología de identificación numérica de imágenes, el sistema podrá ser modificado de forma modular a fin de sacar provecho a estas técnicas perfeccionadas.

Finalmente, y de primordial importancia, es que la fórmula del sistema común descrito permite su uso con independencia del origen de las imágenes, o del país de procedencia. Además, permite la cooperación en los programas de investigación y de puesta a punto en materias tales como:

- Las presentaciones con resoluciones altas.

- La detección automática de objetivos.

- La identificación automática de objetivos.

- La puesta en correlación de detectores múltiples.

- Las técnicas de detección automática de cambios.

- La definición de dispositivos de compatibilidad entre los detectores, los enlaces de datos y las estaciones en el suelo.

Los sistemas tradicionales para la interpretación de imágenes deben mantenerse al día, pues siempre serán una garantía como sustitutos de los medios automatizados. La formación de oficiales y suboficiales en las técnicas de explotación, manual o automática de imágenes, es una tarea continua que debe hacerse imbuidos en la idea de que esta especialización no puede improvisarse. ■