

El sistema CASI-ICC: un sensor multispectral aerotransportado con capacidades cartográficas.

F. Pérez, R. Alamús, V. Palà, R. Arbiol y J. Talaya

fernandop@icc.es

Institut Cartogràfic de Catalunya. Parc de Montjuïc. 08038 Barcelona.

RESUMEN

En este trabajo presentamos la integración llevada a cabo en el *Institut Cartogràfic de Catalunya* para conseguir que las imágenes multispectrales del sensor aerotransportado CASI puedan ser convertidas en ortoimágenes, con su consecuente valor cartográfico. Dicha integración se consigue sincronizando el sensor con un Sistema de Navegación Inercial (en inglés INS: Inertial Navigation System) y un Sistema de Posicionamiento Global Diferencial (en inglés DGPS: Differential Global Navigation System). Presentamos los primeros resultados de multitemporalidad sobre zonas agrícolas y su potencial para el análisis fenológico de cultivos.

Palabras clave: sensor aerotransportado, multispectral, geocodificación.

ABSTRACT

This work presents an integration carried out in the *Institut Cartografic de Catalunya* in order to convert the multispectral sensor imagery captured by CASI to true orthoimages being useful for cartographic purposes. Such a integration is reached by synchronizing the sensor with an Inertial Navigation System (INS) and a DGPS (Differential Global Navigation System). First multitemporal results over agricultural areas and its potential for crop fenological analysis is presented.

Key words: airborne sensor, multispectral, geocoding.

INTRODUCCIÓN AL CASI

Remontándonos a nuestras primeras experiencias con el CASI (Baulies et al. 1993) y a las de otros autores (Held y Jupp 1994) (Saunders 1994) (Wilson 1990), pocas dudas quedan acerca del potencial de dicho instrumento para obtener información temática del territorio. A pesar de que no capta información radiométrica en las regiones del infrarrojo medio y térmico, el hecho de poder configurar un conjunto de bandas estrechas, le confiere una alta resolución espectral y una gran capacidad de adaptación a objetivos concretos y de discriminación de elementos del territorio.

El CASI es un sensor óptico de barrido multispectral basado en un dispositivo CCD bidimensional, con una dimensión espacial (digamos columnas del CCD) y otra espectral (digamos filas del CCD). Permite la selección de bandas para obtener información espacial y espectral. El rango de longitudes de onda sobre las que opera va de 430 nm. hasta 950 nm. En la dimensión espacial ofrece 288 filas, cada una correspondiente a una franja de 1,8 nm. En cuanto a

la dimensión espacial disponemos de 612 columnas, de las que 512 pasan a generar la imagen que trataremos y el resto se utiliza para la calibración de los datos.

La resolución espacial de las imágenes que se capturan depende, en su eje transversal a la línea de navegación, de la altura de vuelo y la focal del sensor (12,5 mm. que dan un FOV de 34.5°). Típicamente se obtienen resoluciones de 2 a 10 m. En cuanto al tamaño del píxel en el sentido de la dirección de vuelo, está en función de la velocidad del avión sobre el terreno y del tiempo de integración. A menudo se buscan unos parámetros de altura de vuelo, velocidad y tiempo de integración que proporcionen un tamaño parecido en ambos ejes: transversal y a lo largo de la línea de vuelo. Dicho de otro modo, se busca que el píxel sea cuadrado.

Se utilizan 12 bits para codificar la señal asociada a cada píxel y para cada banda. La saturación se produce cuando se sobrepasa el umbral de 250000 electrones. El DN para cada banda se calcula a partir de la suma de la señal de las

diferentes filas espectrales que intervienen en la formación de la banda. El *throughput* de salida del sensor viene limitado por la velocidad de grabación de los datos en cinta *exabyte*. El tiempo de integración, junto con el número de bandas seleccionadas, no puede generar un volumen de datos superior a la capacidad de grabación en cinta.

El CASI es periódicamente calibrado en laboratorio (Babey et al. 1992) con el objeto de establecer con exactitud su rango espectral, conocer y homogeneizar las pequeñas deficiencias de uniformidad entre los elementos que forman el CCD y, sobretodo, convertir los DN en radiancias espectrales, es decir, con la energía total que llega al sensor por unidad de longitud de onda, por unidad de superficie y por unidad de ángulo sólido. Además se procede a una calibración radiométrica para cada imagen procesada, la cual utiliza los resultados de la calibración en laboratorio y, además, medidas simultáneas a la obtención de cada línea de barrido. Estas medidas son: offset electrónico, dark, scattering y fss (frame shift smear), que a su vez dependen de la luz incidente, abertura del diafragma, temperatura y tiempo de integración.

EL SISTEMA CASI-ICC

Para poder georeferenciar las imágenes registradas por el sensor CASI es necesario determinar la posición y la actitud (ángulos) del sensor en el momento de toma de los datos. En el ICC se ha optado por determinar la posición del sensor mediante la utilización de técnicas de GPS diferencial y determinar la actitud del sensor mediante la utilización de un sistema de navegación inercial (INS).

El sistema CASI-ICC dispone de dos modificaciones para poder utilizar correctamente los valores de orientación obtenidos a partir del subsistema GPS y del subsistema INS: en primer lugar dispone de un montaje especial para el aislamiento de vibraciones y en segundo lugar de un protocolo de sincronización de los diferentes subsistemas aerotransportados (el subsistema de imagen: CASI en sí mismo, el subsistema de posicionamiento: receptor GPS y el subsistema de actitud: un sistema inercial de navegación (INS): LTN-101).

El subsistema de actitud del sistema CASI inicial es un giroscopio (SPERRY VG-14A) que sólo proporciona dos ángulos *roll* y *pitch*, aleteo y cabeceo respectivamente. La precisión que

proporciona este giroscopio para los ángulos de *roll* y *pitch* es insuficiente para garantizar el mosaico de imágenes CASI (Colomina et al. 1995a). Además, la información que proporciona es incompleta al no proporcionar *heading*, ángulo que debe ser aproximado por la trayectoria GPS.



El subsistema de actitud ha sido mejorado por un LTN-101. Este sensor inercial proporciona la actitud completa *roll*, *pitch* y *heading*. Como se ha mencionado anteriormente, para poder transferir las orientaciones del subsistema de actitud al CASI se han solicitado cambios estructurales en el sistema CASI a ITRES. Originariamente el CCD del CASI tiene instalados dispositivos de aislamiento contra la vibraciones para proteger la electrónica del sensor, hecho que aísla el CCD del subsistema de actitud, no registrando, éste último, los movimientos reales del CCD, es decir, del sensor de imagen propiamente. Para que las medidas del subsistema de actitud correspondan a la imagen registrada el sensor inercial se instala solidariamente al CCD, necesiándose nuevos dispositivos aislantes de vibraciones para el conjunto CCD-INS.

El sistema ha sido dotado de un nuevo protocolo de sincronización que permite tener los datos de imagen (de hecho cada línea de la imagen) y los datos capturados por el INS referidos a tiempo GPS con una precisión de un milisegundo.

El ICC ha desarrollado el SISA (Sistema Integrado de Sensores Aerotransportados) (Colomina y otros 1995b), *hardware* y *software* encargado de almacenar los datos capturados en vuelo por los distintos sensores de orientación (receptor GPS y INS) y de sincronizar los distintos subsistemas (GPS, INS e imagen CASI) en tiempo GPS.

PROCESO DE GEOREFERENCIACIÓN

El objetivo es determinar posición y actitud para cada línea de la imagen CASI. La posición se determina mediante técnicas de GPS diferencial en post-proceso, combinando los datos de una estación GPS de referencia en tierra con los datos GPS del avión almacenados por el SISA mediante el *software* GeoTeX-TRADER (desarrollado en el ICC).

La actitud del sensor se determina mediante el INS. En la versión actual del SISA se realiza un alineamiento del sensor inercial que proporciona un sistema de referencia inercial (IRS), sistema de referencia en que se calcula la actitud. El INS provee de la actitud del sensor en todo el vuelo, proporcionando los ángulos de *roll*, *pitch* y *heading* cada 20 milisegundos.

Debido a que, en la instalación del INS, no es posible alinear exactamente el INS con la CCD del CASI, es preciso calcular *a posteriori* una matriz de desalineamiento entre el CCD del CASI y el INS, es decir existe una discrepancia entre el IRS y el sistema de referencia de la imagen.

Para completar el proceso de orientación se identifican en las imágenes algunos puntos de control y de registro entre las imágenes que forman un bloque. Estas observaciones junto a las determinadas de posición (GPS) y actitud (INS) se usan en un ajuste para determinar la matriz de desalineamiento entre el sistema de referencia imagen y el IRS, usando el GeoTeX. Una vez determinados estos parámetros se calculan para cada línea de las imágenes CASI la orientación y se puede realizar la rectificación de la imágenes.

RESULTADOS

Como resultado de la integración de subsistemas realizada para obtener el CASI-ICC y de los subsiguientes desarrollos *software* para la geocodificación y rectificación se ha llegado a la generación de ortoimágenes CASI. Se ha evaluado la métrica de algunas imágenes sobre diferentes terrenos. La rectificación ha usado un Modelo de Elevaciones del terreno de Catalunya con un paso de malla de 15 m. El mosaico de imágenes muestra una discrepancia métrica del orden de un píxel, entre escenas con recubrimiento lateral. El RMS respecto a puntos de control es de 1,2 píxeles.

En la figura ** mostramos una imagen rectificadas CASI superpuesta a una ofotografía color 1:5000 elaborada a partir de las técnicas de

fotogrametría aérea convencional. La figura ** muestra una imagen antes y después de la rectificación. Las ondulaciones en los bordes de la imagen rectificadas muestran los cambios de actitud del sensor, especialmente el aleteo (*roll*). Podemos observar como se recuperan perfectamente las formas que en la imagen original estaban distorsionadas en sentido inverso a las ondulaciones citadas.

La ortoimagen CASI permite la integración directa en un SIG de los resultados que se puedan obtener de la interpretación (automática o asistida) de las imágenes CASI. Todas aquellas disciplinas en la que el sensor se ha mostrado útil (agricultura, estudios de litoral y calidad de aguas, estudios forestales, etc.) pueden aprovechar estas nuevas capacidades. En concreto presentamos los resultados en la interpretación de algunas zonas agrícolas y las observaciones realizadas sobre el terreno para algunas muestras puntuales. La multitemporalidad o captura reiterada sobre una misma zona permite evaluar los cambios en el estado fenológico de los diferentes cultivos. La buena superposición entre imágenes de diferentes fechas junto con la elección de bandas espectrales calibradas, estrechas y adecuadas proporciona información válida para posibles estudios de modelización temporal de cultivos.

CONCLUSIONES

La mejora introducida en el CASI adquirido por el ICC lo convierte en un sistema útil para la generación de ortoimágenes. Aunque el instrumento no es adecuado para la restitución 3D, sí disponemos de una buena superposición con otros datos cartográficos o con otras ortoimágenes en caso de disponer de un buen Modelo de Elevaciones del Terreno.

Posteriores trabajos se encaminarán hacia la simplificación y automatización de los procesos involucrados. En concreto, uno de los principales objetivos es reducir al mínimo la fase de triangulación y la utilización de puntos de control para su apoyo. Otro aspecto importante es el estudio de una posible calibración geométrica en laboratorio o una autocalibración en base a puntos de correspondencia entre imágenes. La línea a seguir debe conducir el CASI a ser un instrumento adecuado en el ámbito del *Fast Mapping*.

BIBLIOGRAFÍA

Colomina, I., Alamús R., Palà V. y Castillo M. 1995a. *First experiences with the CASI scanner at the ICC.* 3rd International Workshop HIGH PRECISION NAVIGATION, Stuttgart.

Colomina, I., Talaya J., Baulies, X. 1995b. *The N.O.S.A. project and concept for sensor orientation.* 3rd International Workshop HIGH PRECISION NAVIGATION, Stuttgart.