

COMPORTAMIENTO GEOMÉTRICO Y RADIOMÉTRICO DEL SENSOR AHS DURANTE LA CAMPAÑA MULTITEMPORAL CEFLES2

M. Jiménez (*), J. A. Gómez (*), A. Fernández-Renau (*), J. A. Holguín (**), E. de Miguel (*),
O. Gutiérrez de la Cámara (*) y E. Prado (*).

(* *Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (I.N.T.A.). Ctra Ajalvir s/n, Torrejón de Ardoz, 28850 Madrid.
jimenezmm@inta.es*

(** *GEOSYS, Sector Foresta, 23 locales 7 y 8, Tres Cantos 28760 Madrid.*

RESUMEN

La Agencia Espacial Europea (ESA) promueve campañas de medidas sobre el terreno y con imágenes de sensores aeroportados para proyectos de calibración, validación o simulación de misiones de observación de la Tierra. CEFLES2 (CarboEurope, Flex and Sentinel-2) es un proyecto de la ESA que agrupa tres campañas llevadas a cabo durante 2007 sobre zonas urbanas, rurales, forestales, y de montaña en Francia y España. El Área de Teledetección del INTA participó con su sensor aeroportado AHS adquiriendo imágenes en todas las fechas y zonas. Además, la plataforma del INTA fue utilizada para la instalación de un segundo sensor aeroportado, HYPER SIM.GA, un prototipo de radiómetro pushbroom VNIR (512 bandas) + SWIR (256 bandas) de la empresa italiana Galileo Avionica. Los datos AHS fueron procesados en las instalaciones del INTA para ofrecer a los diferentes grupos participantes en el proyecto datos calibrados geográfica, radiométrica y espectralmente. En un proyecto de este tipo, con datos hiperespectrales multitemporales y adquiridos sobre objetivos diferentes, la estimación de la calidad geométrica, radiométrica y espectral es crítica. Procedimientos de la calidad estimación geométrica y radiométrica se aplicaron a todas las imágenes y se indicaron en los ficheros XML de metadatos adjuntados.

ABSTRACT

The European Space Agency (ESA) coordinates a number of ground-based and airborne campaigns to support calibration/validation and the simulation of future spaceborne earth observations missions. CEFLES2 (CarboEurope, Flex and Sentinel-2) is an ESA project carried out with three different campaigns along 2007 over several urban, agricultural and forested landscapes in France and Spain. INTA Remote Sensing Laboratory participates with the 80-band airborne line-scanner radiometer AHS (Airborne Hyperspectral Scanner) installed in a CASA C-212 aircraft and complemented with an INS/GPS module to gather accurate positioning and attitude measurements. Also the INTA platform was used to install and acquire with the Galileo Avionica HYPER SIM.GA hyperspectral sensor. The AHS data were processed at INTA premises in Madrid, through an ad-hoc processing chain generating radiometric calibration, geometric and atmospherically corrected products. For a multi-date and multi-landscape project where hyperspectral imagery was acquired over the same flat and hilly areas with different target characteristic, solar illumination, and atmospheric conditions, the reliability and stability of all image products distributed are fundamental. Radiometric and geometric quality checks were applied to AHS data and indicated in an appended XML metadata file appended.

Palabras clave: teledetección hiperespectral aeroportada, AHS, ESA, CEFLES2, Sentinel-2.

INTRODUCCIÓN

La teledetección hiperespectral aeroportada es la técnica de teledetección idónea para la simulación, calibración y validación de misiones espaciales de observación de la Tierra. CEFLES2 (CarboEurope, Flex and Sentinel-2) es un proyecto de la Agencia Espacial Europea (ESA) que agrupa tres campañas aeroportadas y de campo llevadas a cabo durante 2007 sobre zonas urbanas, rurales, forestales, y de montaña de Francia y España, el objetivo de dichas campañas es la simulación de los

datos y productos de la futura misión de GMES Sentinel-2 y la entonces candidata Earth Explorer FLEX (Fluorescente Explorer).

El Área de Teledetección del INTA participó en el proyecto CEFLES2 mediante la adquisición y proceso de las campañas hiperespectrales aeroportadas con el sensor AHS propiedad del INTA y el sensor HYPER SIM.GA propiedad y operado por la empresa italiana Galileo Aviónica.

Los requisitos para la exactitud geométrica y radiométrica de las imágenes hiperespectrales aeroportadas adquiridas para el proyecto CEFLES2 y en general para proyectos de carácter multitemporal son muy exigentes, las imágenes del sensor AHS son calibradas radiométrica y geoméricamente en laboratorio y campañas de calibración en vuelo, las imágenes de cada proyecto son posteriormente evaluadas en calidad para cumplir los requisitos exigidos. En el caso de la validación radiométrica de las imágenes del proyecto CEFLES2 se ha realizado utilizando los datos espectrales en el reflectivo y térmico de las campañas de campo realizadas por el grupo de campo de CEFLES2, coordinados por la Universidad de Valencia.

VUELOS HIPERESPECTRALES Y DATOS DE CAMPO

Para cumplir los múltiples objetivos de la campaña CEFLES2, la ESA seleccionó varias zonas forestales, agrícolas, montañosas y urbanas en el sur de Francia y España, planificando adquisiciones de datos aeroportados y de campo en tres fechas distintas a largo del año 2007, estas fechas se localizaron en el principio, mitad y final del ciclo vegetativo de los cultivos de regadío de las zonas seleccionadas.

Datos hiperespectrales

El sistema hiperespectral aeroportado INTA-AHS esta formado por: la plataforma aérea CASA-212, el sensor hiperespectral aeroportado AHS (Tabla 1), equipos de calibración de laboratorio, sensores de posicionamiento en vuelo GPS/INS, la cadena de proceso y metadatos y equipos de campo (Fernández-Renau, 2005).

En la plataforma del INTA también se instaló el sensor hiperespectral aeroportado HYPER SIM.GA, un prototipo de radiómetro pushbroom VNIR (512 bandas) + SWIR (256 bandas) de la empresa italiana Galileo Avionica [1].

Un total de 47 pasadas fueron realizadas para adquirir a 983 m y 2751 m de altura sobre el terreno una misma línea de vuelo con los sensores AHS y HYPER. En el caso del AHS estas dos alturas se corresponden con 2.4 m y 6.9 m de tamaño de píxel respectivamente.

Tabla 1.- Características Sensor Hiperespectral Aeroportado AHS.

| | |
|--------------------------------|---|
| Adquisición de imágenes | Whisk-broom linescanning |
| Cobertura espectral | VNIR+SWIR+MWIR+LWIR (80 bandas) |
| FOV/IFOV | 1.571 rad (90°)/2.5 mrad |
| Velocidades de barrido | 12.5,18.75,25,31.25,25,35 rps 750 píxeles por línea (16% solapamiento lateral) |
| Resolución espacial | 2.5 a 6.8 m @ 72 ms-1 |
| Cobertura lateral | 2000 m a 5500 m |
| Digitalización | 12 bits |

Datos de Campo

Las campañas de campo realizadas en las tres misiones de CEFLES2 consistieron en unas extensivas campañas de toma de datos sobre el parámetros estructurales (Índice de Área Foliar, altura de dosel), caracterización bioquímica (contenido de clorofila, agua) funcionamiento fisiológico (fluorescencia, intercambio de gases) sobre de los cultivos de las zonas seleccionadas.

En estas campañas se adquirieron medidas específicas para la calibración y validación de las imágenes hiperespectrales aeroportadas sobre áreas de cultivos vegetación y superficies naturales. Para la caracterización de la reflectancia se utilizaron hasta cuatro espectrorradiómetros de campo ASD FieldSpec-FR (www.asdi.com), del grupo de campo del proyecto CEFLES2 coordinados por la Universidad de Valencia. El ASD registra la radiación entre 350 y 2500 nm mediante una fibra óptica de 25° de FOV pero ajustable con ópticas añadidas. Para la caracterización de la respuesta radiométrica en la región térmica se utilizaron dos radiómetros térmicos multiespectrales de campo CIMEL 312 (www.cimel.fr), el CIMEL registra la radiación en 6 bandas espectrales dentro de la ventana atmosférica de 8 a 14 micras.

PROCESO IMÁGENES AHS

Las imágenes del sensor hiperespectral aeroportado AHS fueron procesadas geométrica y radiométricamente mediante la cadena de proceso del Área de Teledetección del INTA, esta cadena realiza la calibración, correcciones y metadatos de las imágenes para su posterior distribución.

La calibración de las imágenes a radiancia en el sensor de todos los canales reflectivos se realiza mediante los coeficientes de calibración obtenidos en laboratorio con una esfera integradora (www.labsphere.com), para los canales térmicos se realiza mediante dos cuerpos negros a bordo del sensor. La corrección geométrica se realiza mediante el software de geocodificación paramétrica PARGE (www.rese.ch/PARGE) incorporando para todas las imágenes la calibración geométrica realizada en una campaña sobre lagunas de Tirez (Toledo), y para cada imagen los datos del sistema de navegación inercial Applanix POS AV y el Modelo Digital del Terreno. La corrección atmosférica y topografía se realiza mediante la aplicación ATCOR4 (www.rese.ch/ATCOR4) basada en el código de transferencia radiativa MODTRAN4, esta aplicación incorpora la visibilidad y vapor de agua presente en la atmósfera mediante información externa o de la propia imagen del AHS.

Las imágenes AHS sobre terreno plano se procesaron y distribuyeron en producto L2b que es la reflectancia y temperatura en el terreno georreferenciables con la función de geocodificación (igm por Input Geometry, ENVI) adjuntada. Para las imágenes sobre zona montañosa, con desniveles de 1000 m, se procesaron y distribuyeron en producto L2c que es la reflectancia y temperatura en el terreno georreferenciada.

Todas las imágenes y productos del AHS van acompañadas de ficheros XML de metadatos siguiendo los estándares ISO19115 y ISO19130.

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AHS

Procedimientos de validación geometría y radiométrica de las imágenes AHS se realizan previo a la distribución de las imágenes para evaluar el funcionamiento del sensor a lo largo de la campaña y estimar si se obtienen los requisitos demandados.

Validación Geométrica

Todas las imágenes AHS del proyecto CEFLES2 fue georreferenciadas a la proyección UTM huso 30 WGS84. La corrección paramétrica de las imágenes aeroportadas aplica para cada línea de imagen sus parámetros independientes del resto, con lo que dentro de la misma imagen puede haber zonas con mejor exactitud que otras. Los métodos utilizados en imágenes aeroportadas para estimar la exactitud de la corrección geométrica, son tanto los clásicos aplicados a las imágenes de satélite, como algunos avanzados que tengan en cuenta toda la imagen.

Siguiendo el método clásico de “puntos de control”, la comparación de una muestra de puntos tomados de la ortofoto (SIGPAC, GEOPORTAIL) sobre una selección de imágenes de todas las zonas adquiridas muestran un RMSE por debajo de los 2 píxeles tanto para las pasadas altas como bajas.

Para una estimación más exacta del funcionamiento geométrico del AHS a lo largo de una campaña multitemporal, se ha aplicado un método basado en la correlación entre las distintas imágenes adquiridas sobre la misma zona (no las montañosas). Estas correlaciones muestran que todas las imágenes han tenido un comportamiento muy similar por debajo de los 2 píxeles, es en los bordes de la imagen donde se produce este error siendo muy cercano al píxel en el nadir de la imagen. La Figura 1 muestra la superposición del canal AHS 15 de la pasada sobre Marmande (Francia) en tres fechas distintas, la sub-escena de zona urbana se observa un perfecta superposición y en la sub-escena de zona agrícola los colores son debidos a diferencias radiométricas del estado fenológico de los cultivos en las tres fechas consideradas.

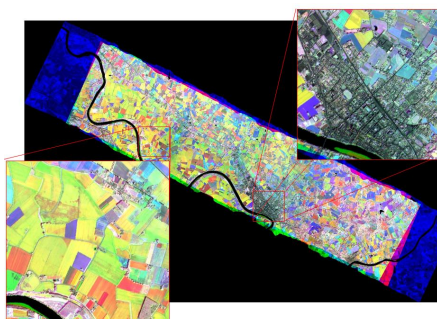


Figura 1.- Imagen del canal AHS 15 multitemporal de las tres campañas CEFLES2.

Validación Radiométrica

La calidad radiométrica de los canales reflectivos y térmicos se han analizado a nivel de calibración y de corrección atmosférica.

Basándose en los dos cuerpos negros situado en el sensor y que son registrados al principio y final de cada línea de imagen, se calcula el ruido presente en todas las imágenes. La figura 2 muestra los valores del incremento de radiancia equivalente al ruido (NEDL por Noise Equivalent Delta Radiance) y el incremento de temperatura equivalente al ruido (NEDT por Noise Equivalent

Delta Temperatura) estimados mediante la desviación típica de la señal de los cuerpos negros a lo largo de la pasada. Las gráficas muestran en azul las pasadas bajas y en rojo las pasadas altas.

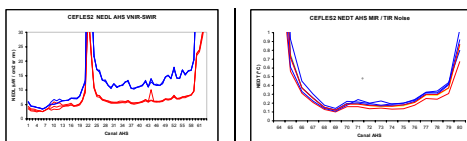


Figura 2.- NEDL y NEDT de una muestra de imágenes AHS bajas (azul) y altas (rojas) en las tres misiones CEFLES2.

Las reflectancias y temperatura en el terreno adquiridas por el grupo de campo de CEFLES2 se ha utilizado para la validación de de las reflectancia y temperaturas de salida. Las temperaturas obtenidas con el sensor AHS después de la corrección atmosférica tiene un error de 1.3 °K frente a los datos de campo. En el caso de las reflectancias del AHS, la figura 3 muestra la comparación de la reflectancia AHS de una parcela de suelo desnudo frente a la obtenida por el espectrorradiómetro de campo ASD. La reflectancia del ASD ha sido previamente remuestreada a la resolución espectral del sensor AHS.

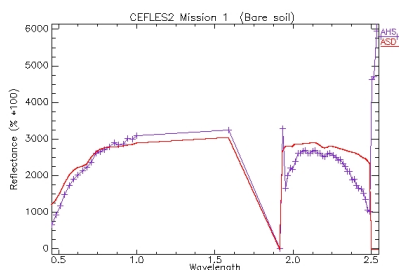


Figura 3.- Comparación de la reflectancia obtenida por el AHS y el ASD en una parcela de suelo desnudo.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En el marco del proyecto multitemporal de la ESA CEFLES2, un total de 47 pasadas del sensor hiperespectral aeroportado AHS fueron adquiridas y procesadas geométrica y radiométricamente, entregando un mes después de la realización de cada misión los productos y metadatos de imagen.

El comportamiento geométrico del sensor AHS a lo largo de las tres misiones fue muy bueno alcanzando en todo momento los requisitos de exactitud geométrica en torno a 1 píxel y siempre por debajo de los dos píxeles.

El comportamiento radiométrico se ajustó a los requisitos en términos de NEDL y NEDT y temperatura en el terreno. El error en reflectancia si supera el 5% para los primeros canales y partes finales del SWIR.

Las imágenes AHS están siendo parte del sistema de simulación de las imágenes y productos de la futura misión de GMES Sentinel-2.

BIBLIOGRAFÍA

Fernández-Renau A., Gómez J. A. y de Miguel E. 2005. The INTA AHS system. *Sensors, Systems, and Next-Generation Satellites IX. Proceedings of the SPIE*, no. 5978: 471-478.

[1]http://www.selexgalileo.com/EN/Common/files/Galileo_Avionica/Relazioni_Esterne/Scheda_Prodotto_2/Electro_Optics_2/SIM_GA.pdf.

AGRADECIMIENTOS

Proyecto de la ESA: “Technical Assistance for Airborne/Ground Measurements in support of Sentinel-2 mission during CEFLES2 Campaign”. ESRIN / Contract N° 20801/07/ I-LG.

Al Departamento de Físicas y Unidad de Cambio Global de la Universidad de Valencia y en especial a José Moreno, Luís Alonso, José Sobrino y Juan Carlos Jiménez, por colaboración en la validación de los datos del sensor AHS.