

## Vista General de la Calibración de Sensores y el Procesamiento de Datos de SpecTIR

### Calibración Radiométrica y Espectral

La historia de SpecTIR en la recolección y operaciones relacionadas con la información hiperespectral ha conducido a una vasta experiencia en la calibración radiométrica y espectral. La calibración radiométrica estándar de SpecTIR es lograda a través del uso de una fuente de luz uniforme Labsphere USS-2000-V. Esta esfera integradora de 20 pulgadas de diámetro está equipada con tres fuentes de luz halógena internas de 45 watts y una montada externamente de 75 watts. Cada lámpara, con fuentes separadas de energía DC reguladas, de corriente constante, junto con un atenuador variable, provee un control preciso de los niveles de luz. El rendimiento de luminosidad es variable desde 0 hasta 4,000 pie-lamberts y la uniformidad medida es >98% a lo largo de todo el puerto de salida de 8 pulgadas. Esta esfera lleva una calibración de refulgencia espectral rastreada mediante NIST de 400 nm a 2,500 nm con un intervalo de muestreo de 5 nm. La calibración resultante le permite a SpecTIR proveer información dentro de +/- 5% de refulgencia absoluta.

La calibración de longitud de onda y la caracterización Full Width Half Maximum (FWHM) de las curvas de respuesta se logra utilizando un monocromador Oriel Cornerstone 130 1/8m. Este monocromador automatizado, controlado mediante computadora, provee rendimientos de longitud de onda calibrados y repetibles de canales de 1 nm en el VNIR y canales de 3 nm en el rango SWIR. Las localizaciones centrales de longitud de onda de estos rendimientos son conocidos y su precisión es certificada dentro de 0.5 nm. Este nivel de precisión para el mapeo de longitud de onda central y la determinación FWHM es necesario para proporcionar datos de reflectancia de alta calidad y consistencia como input para modelos de reflectancia subsiguientes.

Adicionalmente, las rutinas de procesamiento de datos QA/QC utilizan características atmosféricas bien documentadas tal como la línea Oxygen Fraunhofer a 763 nm y características de CO<sub>2</sub> a 2036 nm para asegurar que el mapeo de largo de onda preciso se mantenga.



## **Procedimiento Estándar de Procesamiento de Datos**

SpecTIR emplea un procedimiento de procesamiento estandarizado, documentado de Nivel 1 (N1) para convertir la información cruda de los sensores en productos de Refulgencia, Reflectancia y Geo-referencia.

### **Procesamiento de Refulgencia**

Mediciones oscuras, actuales, son incluidas al final de cada línea de vuelo. El primer paso del procesamiento es eliminar la "señal" (ruido) oscura actual de la señal de la imagen. En el caso de la información ProSpecTIR VS, un mal elemento del mapa es aplicado a las bandas SWIR, utilizando un algoritmo propietario de compensación para restaurar estos elementos usando tanto los aspectos espaciales como los espectrales de estos elementos tal como se sitúan en el orden del detector.

El archivo de ganancia de calibración es luego aplicado para convertir los datos crudos a unidades de refulgencia. Las unidades de datos de refulgencia y los factores de escala están incluidos en los archivos principales para cada línea de vuelo procesada. Las unidades estándar son  $\text{mW}/(\text{cm}^2 \cdot \text{steradian} \cdot \mu\text{m})$  con un factor de escala de 1000. Esta posición significa que para un valor de refulgencia de 4500, el valor convertido en el mundo real es  $4.5 \text{ mW}/(\text{cm}^2 \cdot \text{steradian} \cdot \mu\text{m})$ .

### **Procesamiento de Reflectancia**

Para convertir la información de refulgencia calibrada a valores de refulgencia de superficie, SpecTIR emplea una implementación a través de terceros del estándar de la industria, el código de transferencia radiativa MODTRAN4. El paquete de software ATCOR4 utiliza tablas atmosféricas MODTRAN4 y técnicas propietarias para corregir la absorción atmosférica y los componentes dispersos. Durante el procesamiento, ATCOR4 genera archivos de registro para cada línea de vuelo, los cuales proveen información sobre todos los parámetros de input y los ajustes de programa. Estos archivos ASCII son incluidos con la información entregada, permitiéndole al cliente conocimiento total de todos los ajustes implementados en el modelo de reflectancia.

Al manejar las características de absorción atmosférica, ATCOR4 incorpora tres posibles esquemas de interpolación. Al generar el producto de reflectancia final, los analistas de SpecTIR seleccionan la mejor combinación de opciones de interpolación para un conjunto de datos específico. La interpolación lineal es empleada en las regiones de 760, 725 y 825 nm. La interpolación no lineal se aplica en las partes del espectro de 940 y 1130 nm basándose en la función del índice de vegetación, para tomar en cuenta el contenido de agua de la hoja en las plantas. Finalmente, la interpolación no lineal se realiza en las regiones de absorción de vapor de agua de 1400 nm y 1900 nm al ponerle a las curvas un casco de una plantilla de vegetación o espectro de suelo. Los ajustes de los parámetros de interpolación son identificados en los archivos de registros asociados y, adicionalmente, todos los canales interpolados son marcados con un "\*" en los encabezados ENVI de los archivos de reflectancia.



La información cruda del rendimiento de reflectancia es evaluada para cualquier modelo o artefactos relacionados con el sensor, los cuales son compensados luego mediante modificaciones espectrales y pulido basados en una biblioteca.

El pulido de la reflectancia es logrado usando un programa propio de SpecTIR basado en un algoritmo de Savitsky-Golay con un manejo refinado de las características de absorción atmosférica asociado con CO<sup>2</sup> y agua.

### **Reflectancia VELC**

Si bien la reflectancia modelada basada en MODTRAN es un estándar de la industria, SpecTIR ha hallado que estos procedimientos pueden frecuentemente resultar en una pérdida de fidelidad espectral en la lejana región SWIR del espectro (2000 – 2500 nm), un rango espectral de gran interés para el análisis geológico. En respuesta a esto, SpecTIR ha desarrollado un nuevo procedimiento para lograr una calibración *virtual* de línea empírica (VELC). Esta metodología obtiene pseudo reflectancia directamente de la información de refulgencia calibrada realizando operaciones numéricas y estadísticas sobre las imágenes, escena por escena. Tiene la ventaja de desarrollar correcciones independientes para cada cubo de datos, en vez de una corrección única basada en una o, en el mejor de los casos, unos cuantos blancos espectrales en el suelo, tal como en las correcciones de línea tradicionales basadas en el terreno. La aplicación de este método ha demostrado que produce resultados excepcionales en el SWIR lejano y es por lo tanto ofrecido como un producto de información adicional.

### **Procesamiento de Geo-corrección**

Dependiendo de la región de la operación, los instrumentos de SpecTIR incorporan ya sea un Inertial Navigation Systems (INS) con láser de 3 anillos, basado en giro, o un sistema basado en un Fiber Optic Gyro/Mems para proporcionar una geo-referencia precisa de la información. Los IMUs son emparejados con un sistema GPS de 12 canales, el cual utiliza correcciones de diferencial Omnistar en tiempo real para alimentar al fuertemente unido filtro Kalman del INS.

Para asegurar la conversión óptima de la información posicional INS a la información de imágenes, el INS y el sensor deben tener una sonda. Para lograr esto, SpecTIR ha establecido un local de calibración de sonda al sur del aeropuerto de Stead, NV. A modo de control, orto-fotografía de 6 pulgadas y un perfil de datos de 2 pies fueron obtenidos de Washoe County.

Para poder proporcionar imágenes hiperespectrales orto-correctas, SpecTIR tiene la base de datos entera de 10 metros de resolución NED modelo de elevación digital (DEM) para los Estados Unidos continentales. Si se requiere mayores precisiones, los clientes a los que se les ha proporcionado DEMs de fuentes alternativas, tal como LiDAR, pueden ser incorporados a la corriente de procesamiento. Durante el procesamiento, el rendimiento geo-referencial es evaluado basado en imágenes USGS 1m DOQQ como referencia.



El proceso geo-referencial genera un archivo Internal Geometry Map (IGM) que es una identificación de 2 bandas, píxel por píxel, de valores de Este (banda 1) y de Norte (banda 2) para la imagen no rectificada. También se proporciona el archivo asociado Geographic Lookup Table (GLT), el cual es un archivo de dos bandas proyectado a un espacio en el mapa. Cualesquiera de estos archivos pueden ser usados por el software de procesamiento de imágenes para generar imágenes totalmente navegadas y geo-referenciadas para productos de análisis subsiguientes.

*Información confidencial propia de SpecTIR LLC.*