HAL
open science

Análisis de imágenes hiperespectrales

Avid Roman-Gonzalez, Natalia Indira Vargas-Cuentas

To cite this version:

Avid Roman-Gonzalez, Natalia Indira Vargas-Cuentas. Análisis de imágenes hiperespectrales. Revista Ingenieria & Desarrollo, 2013, Año 9 (N° 35), pp.14-17. hal-00935014

HAL Id: hal-00935014

https://hal.science/hal-00935014v1

Submitted on 22 Jan 2014

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Análisis de imágenes hiperespectrales

Hyperspectral images analysis

Avid Roman-Gonzalez[1], Natalia Indira Vargas-Cuentas[2]

[1] TELECOM ParisTech, 46 rue Barrault, 75013 – Paris, Francia
[2] Escuela Militar de Ingeniería – EMI, La Paz, Bolivia

Resumen

En el presente artículo se expondrá una visión general sobre las imágenes hiperespectrales, su definición, formación y adquisición a través de los elementos básicos de un sistema de teledetección, a su vez se presentaran los principios en los que se basa, los diferentes rangos del espectro electromagnético y su reflectancia dependiendo del tipo de material sobre el cual incide. También presentamos las diferentes aplicaciones de las imágenes hiperespectrales, haciendo énfasis en la detección y determinación de campos vegetativos y minerales. Así mismo se exteriorizaran algunas técnicas relevantes para su procesamiento y análisis respectivo.
Descriptores: *teledetección, imágenes satelitales, detección de artefactos, calidad de las imágenes*

Abstract

In this paper we present an overview of hyperspectral imagery, its definition, its creation and acquisition through the basic elements of a remote sensing system, the principles on which it is based, the different ranges of the electromagnetic spectrum and reflectance depending on the type of material on which falls. We also present different spectral imaging applications, particularly in the fields of vegetative and minerals detection and determination. We also present some relevant techniques for processing and analyzing.
Keywords: *remote sensing, satellite images, artifacts detection, image quality*

Introducción

La teledetección es el conjunto de técnicas utilizadas para la determinación a distancia de las propiedades de los objetos ya sean estos naturales o artificiales. Expresándolo de otra manera la teledetección consiste en adquirir información acerca de la superficie de la Tierra sin la necesidad de estar en contacto con ella. La idea es detectar y registrar la energía reflejada por la superficie terrestre para luego procesarla, analizarla y utilizarla en alguna aplicación específica.

En un proceso de la teledetección podemos identificar siete elementos principales: La fuente de energía o iluminación; la radiación y atmosfera; interacción con la superficie de interés; registro de la energía mediante el sensor; proceso de transmisión; recepción y procesamiento; interpretación y análisis; y la aplicación.

Es necesario indicar que también existen sistemas de teledetección basados en sensores no ópticos, estos sistemas son los sistemas de teledetección radar.

Para un sistema óptico de teledetección, el Sol es la fuente de energía. Esta energía del Sol puede ser reflejada o absorbida.

Un instrumento de teledetección recibe la radiación electromagnética y lo convierte en señales eléctricas y valores numéricos que también son llamados valores radiométricos. Estos valores son almacenados en matrices compuestos por pixeles. Un pixel es un componente elemental de una imagen digital definida por su posición (fila y columna) y su valor. Existe una matriz para cada banda espectral.

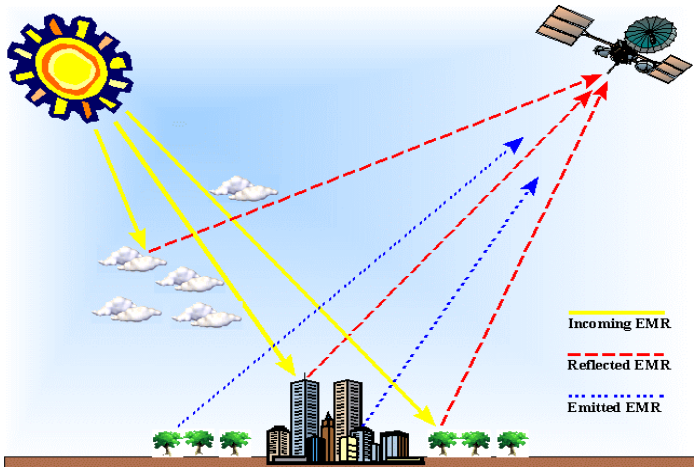

Figura 1: Adquisición de imágenes en Teledetección Platform [EGI – Energy & Geoscience Institute].

El sensor puede ser colocado en una plataforma satelital, en un aeroplano o un globo aerostático.

Muchas aplicaciones utilizan las técnicas de teledetección para llegar a zonas artificiales o naturales que son inaccesibles para las personas.

Para la teledetección se debe tomar en cuenta algunos parámetros importantes como la resolución, más específicamente la resolución espacial, la resolución espectral, la resolución radiométrica y la resolución temporal. En los siguientes párrafos de este artículo se describirán más específicamente estos conceptos.

En un proceso de teledetección, la distancia entre la superficie terrestre y la plataforma, determina el detalle de la información y la superficie total captada por el sensor. El detalle en la imagen satelital puede ser medido por la resolución espacial. La resolución espacial esta dado por el tamaño de cada píxel de la imagen proyectada sobre la superficie terrestre y se refiere al tamaño de la característica más pequeña que puede ser detectada. Para determinar la resolución espacial de una plataforma de teledetección, es necesario conocer el Campo de Visión Instantáneo (*IFOV* por sus siglas en ingles). El *IFOV* es el ángulo sólido de visibilidad entre el sensor y el área de superficie terrestre que es posible detectar con el sensor. Las imágenes de teledetección están compuestas por matrices de píxeles, si por ejemplo la imagen es una matriz cuyo tamaño es 2000 *x* 2000 píxeles, y estas imágenes de satélite cubre el área de una superficie terrestre del tamaño de 20 km *x* 20 km; entonces la resolución espacial para este sistema de teledetección sería de 10 metros, cada píxel de la imagen representa 10 m *x* 10 m de la superficie de la Tierra.

La resolución espectral para un sistema de teledetección esta determina por el número de bandas espectrales que el sensor puede detectar. Comúnmente un satélite de teledetección cuenta con 4 bandas: rojo, verde, azul, e infrarrojo. Pero hay satélites que producen imágenes multiespectrales que tienen unas 10 o 15 bandas. También hay satélites para imágenes hiperespectrales que tienen más de 100 bandas espectrales. En una imagen satelital, los elementos de interés pueden ser distinguidos mediante la comparación de las curvas espectrales. Por ejemplo: El agua, la vegetación, los minerales, tienen una respuesta diferente a la energía electromagnética de reflectancia. Entonces, la resolución espectral determina la capacidad del sensor para detectar los rangos de espectro de la aplicación para la que fue diseñada.

Una imagen digital está compuesta por píxeles, cada píxel tiene un valor para cada banda espectral, este valor es la representación numérica de la cantidad de energía electromagnética reflejada captada por el sensor, y esta representación numérica puede ser representado en bits. Entonces, el número de bits necesarios para la representación del valor numérico, define la resolución radiométrica del sistema de teledetección. Las características radiométricas definen la sensibilidad del sensor para detectar la mínima magnitud de energía electromagnética, por lo que, mientras el sistema tenga mayor resolución radiométrica, entonces la capacidad para discriminar diferencias muy leves en energía es mayor.

El satélite está orbitando alrededor de la Tierra, la Tierra también gira sobre su eje, entonces el satélite pasa sobre un punto específico en la Tierra y transcurrirá un tiempo para que el satélite vuelva a pasar sobre el mismo punto. El tiempo que tarda el satélite para volver a pasar sobre el mismo punto, es la resolución temporal del sistema de teledetección. El periodo de revisita de un satélite normalmente esta en el orden de varios. La resolución temporal de un satélite depende de diferentes factores, incluyendo el punto de vista de las capacidades de los sensores, la superposición, y la latitud. La resolución temporal en la aplicación de imágenes satelitales es determinante cuando el área de interés está constantemente cubierto por las nubes, cuando es necesario la toma de imágenes para fenómenos naturales o artificiales cortos, o cuando es necesario una comparación multitemporal.

Todos estos parámetros: resolución espacial, resolución espectral, resolución radiométrica y resolución temporal, son muy importantes para el diseño de un buen sistema de teledetección de acuerdo con las aplicaciones requeridas para la esta siendo diseñada.

Imágenes hiperespectrales

Una imagen hiperespectral es una imagen que tiene varias bandas espectrales de información a través de todo el espectro electromagnético.

Principios de las ondas electromagnéticas

Toda radiación electromagnética tiene propiedades fundamentales y se comporta de manera predecible de acuerdo con los fundamentos de la teoría de ondas.

La característica importante de la radiación electromagnética para entender la teledetección es su longitud de onda (λ) que está relacionado con su frecuencia (v) en función de la siguiente ecuación:

$$c = \lambda v$$

Donde: λ es la longitud de onda
v es la frecuencia
c es la velocidad de la luz

La longitud de onda es la longitud de ciclo de una onda, que puede ser medida como la distancia entre dos crestas de ondas sucesivas. La frecuencia se refiere al número de ciclos por unidad de tiempo.

En la Figura 2 se puede observar el espectro electromagnético desde las longitudes de onda más cortas (< 10^{-5} µm) hasta las longitudes de onda más largas (> 10^{6} µm). Los sistemas de teledetección utilizan varias regiones del espectro electromagnético.

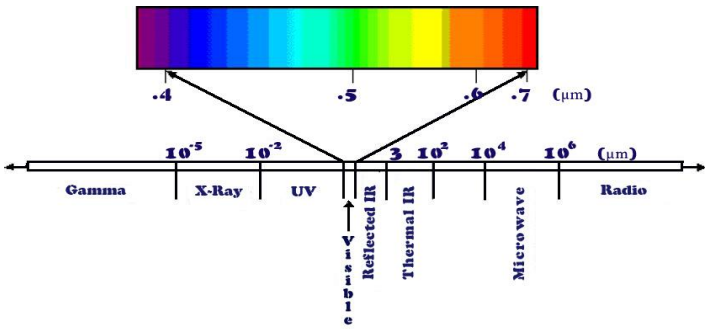

Figura 2: Radiación Electromagnética.

El espectro de la luz visible tiene una longitud de onda de aproximadamente entre 0,4 a 0,7 µm (del violeta hasta el rojo). Es importante señalar que esta es la única porción del espectro que se puede asociar con el concepto de colores visuales.
Para la mayoría de los propósitos, la radiación ultravioleta (UV) es la porción del espectro que tiene las longitudes de onda más cortas que son prácticas para la teledetección óptica. Esta radiación se encuentra justo fuera del alcance de la parte violeta de las longitudes de onda que son visibles, de ahí su nombre. Algunos materiales de la superficie terrestre, principalmente rocas y minerales, fluorescencia o emiten luz visible cuando son iluminadas por la radiación UV.
La siguiente parte del espectro de interés es la parte de infrarrojos (IR) región que abarca el rango de longitud de onda de aproximadamente 0,7 µm a 100 µm. La región infrarroja se puede dividir en dos categorías basadas en sus propiedades de radiación: la región de IR reflejada, y la región de IR emitida o térmica. La radiación reflejada en la región IR se utiliza para fines de detección a distancia de forma muy similar a la radiación en la parte visible, la región de IR reflejada cubre longitudes de onda de aproximadamente 0,7 µm a 3,0 µm. En cambio la región IR térmica es bastante diferente de las porciones visibles y de la región de IR reflejada, ya que esta energía es esencialmente la radiación que es emitida desde la superficie de la Tierra o los objetos en forma de calor. La región de IR térmica cubre longitudes de onda de aproximadamente 3,0 µm a 100 µm.

Interacción de los elementos de la superficie de la Tierra con la radiación

El Sol es la fuente de energía para la teledetección óptica, puesto que la energía del sol es reflejada, como lo es para longitudes de onda visibles, o absorbida y entonces re-emitida, como lo es para longitudes de onda infrarrojas y térmicas.
En la espectroscopia de luz reflejada, la propiedad fundamental que se obtiene es la reflectancia espectral (la relación de la energía reflejada sobre la energía incidente como una función de la longitud de onda) [1]. La reflectancia varía con la longitud de onda para la mayoría de los materiales, debido a que la energía en ciertas longitudes de onda es absorbida. Estas variaciones en la reflectancia son evidentes cuando se comparan las curvas de reflectancia espectral para diferentes materiales, como se ilustra en la Figura 3, estas curvas se denominan firmas espectrales. Las pronunciadas desviaciones a la baja de las curvas espectrales marcan los rangos de longitudes de onda en la que el material absorbe selectivamente la energía incidente. Estas características generalmente se denominan bandas de absorción.

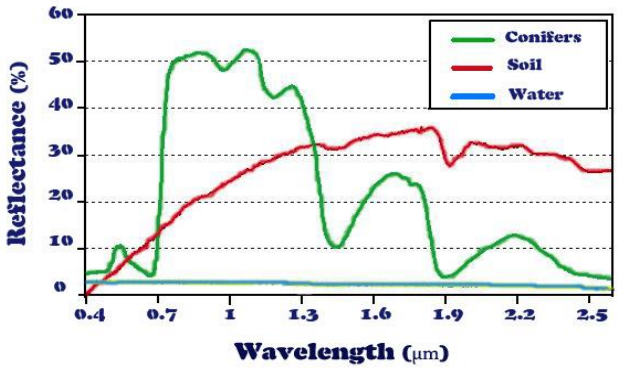

Figura 3: Firmas espectrales.

La radiación tiene que viajar una cierta distancia a través de la atmósfera de la Tierra, donde las partículas y los gases pueden afectar a la radiación debido a la dispersión y absorción. La dispersión consiste en la redirección de la radiación electromagnética debido a su interacción con las partículas y gases. La absorción es un fenómeno en el que las moléculas en la atmósfera absorben energía en longitudes de onda diferentes. En la Figura 4 se puede observar un gráfico para ilustrar las absorciones atmosféricas que se producen por el vapor de agua y el dióxido de carbono.

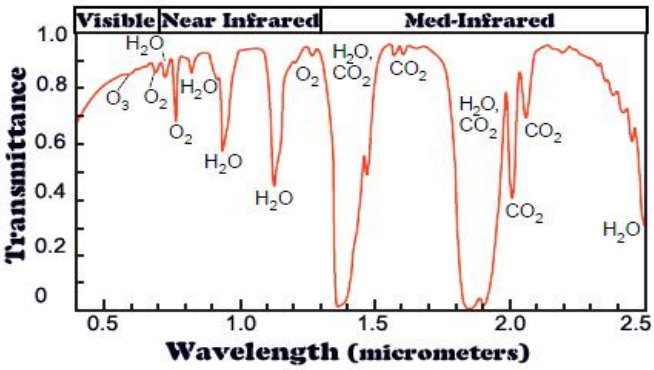

Figura 4: Absorciones atmosféricas para longitudes de onda electromagnéticas.

El vapor de agua y el dióxido de carbono en la atmósfera producen rasgos pronunciados de absorción entre 1,4 y 1,9 mm, estas absorciones provocan una reducción de la energía incidente y de la energía reflejada casi por completo, por este motivo es que no existen satélites de teledetección que lleven sensores en esta banda, debido a que no podrán obtener mucha información.

Aplicación de las imágenes hiperespectrales

La forma general de una curva espectral y la posición y la fuerza de las bandas de absorción en muchos casos se puede usar como medio para identificar y distinguir diferentes materiales.

Espectrometría aplicada al campo de la vegetación
Por ejemplo, la vegetación tiene mayor reflectancia en el rango cercano del infrarrojo y los suelos tienen menor reflectancia en el rango cercano al rojo. Las curvas de reflectancia espectral de las plantas verdes saludables son también una forma característica que es dictada por varios atributos de las plantas [1]. En la porción del espectro visible, la forma de la curva se rige por los efectos de la absorción de clorofila y otros pigmentos de las hojas. La clorofila absorbe la luz visible eficazmente pero esta absorbe más fuertemente la longitud de onda del color azul y de color rojo, no tanto así la longitud de onda del color verde, esto produce un pequeño pico de reflectancia en el intervalo de la longitud de onda del color verde. La reflectancia aumenta bruscamente a lo largo de la frontera entre las longitudes de onda del rojo y cerca al infrarrojo y alcanza valores próximos a 40-50% para la mayoría de las plantas. Esta alta reflectancia en la zona cercana al infrarrojo se debe principalmente a las interacciones con la estructura celular interna de las hojas. La mayor parte de la energía restante se transmite, y puede interactuar con otras hojas por debajo del follaje. La estructura de las hojas varía significativamente entre especies de plantas, y también puede cambiar como resultado de estrés en las plantas. Por lo tanto, el tipo de especie, el estrés de la planta, y la condición de follaje pueden todos afectar a las mediciones de reflectancia en las zonas cercanas al infrarrojo.

Espectrometría aplicada al campo mineral
En los materiales inorgánicos tales como minerales, composiciones químicas y estructuras cristalinas, tenemos que estos controlan la forma de la curva espectral, la presencia y las posiciones de las bandas de absorción específicas [1]. Las longitudes de onda de absorción específicos se pueden utilizar para detectar la presencia de elementos químicos directos e iones, la carga iónica de ciertos elementos, y la geometría de los enlaces químicos entre los elementos, está regulada en parte por la estructura cristalina.

Clasificación de las imágenes hiperespectrales

En la clasificación de las imágenes hiperespectrales, la extracción de sus características es una cuestión clave, en la literatura podemos encontrar que hay muchos métodos utilizados, dichos métodos son de aplicación específica y el proceso de extracción de características varía mucho de un método a otro. Por ejemplo las características de interés que se requieren en un contexto de estudio de la vegetación son completamente diferentes a las características de interés en un contexto geológico o en un contexto de crisis (terremotos, incendios, inundaciones, etc). Dada esta situación se requiere de un enfoque más general “Data Mining” (DM) que requiere de métodos de extracción de características que se adecuen a está generalización.
En la literatura podemos encontrar diferentes métodos de clasificación. Por ejemplo, podemos utilizar el método de “average patch radiance” o radiación parche promedio, “the induced endmembers characterization” [2], [3] y [4], también podemos utilizar los métodos de clasificación basados en la compresión presentado en [5], “the endmember distance function” [6]
Si tenemos que detectar algún aspecto concreto de la superficie terrestre, podemos utilizar el índice basado en algunas bandas espectrales. Por ejemplo para los índices de vegetación, se tiene un índice en función de la reflectividad en diferentes bandas, estos índices son capaces de indicarnos la abundancia y el estado de la vegetación y se basan en el comportamiento peculiar reflectante de la vegetación. El índice más conocido es el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) cuya ecuación es:

$$NDVI = \frac{\rho_{ir} - \rho_r}{\rho_{ir} + \rho_r}$$

Donde ρ_{ir} es la reflectividad en el infrarrojo cercano y ρ_r es la reflectividad en el rojo.

Cuando tenemos muchas bandas espectrales, cuantas más bandas espectrales estén disponibles, se puede utilizar estas para generar vistas en colores falsos. Estas composiciones se usan para resaltar los elementos que tienen una reflectividad más alta en las bandas utilizadas, además se obtendrán vistas menos estéticas, lo cual ocasionará que sea más fácil discriminar visualmente los diferentes elementos.

Discusión y Conclusiones
En el presente artículo se muestran los principales aspectos teóricos respecto a las imágenes hiperespectrales.
Las imágenes hiperespectrales tienen una gran importancia y son herramientas de ayuda en la

identificación y la vigilancia de vegetación, identificación de minerales, el seguimiento de los peces, etc.

En la literatura podemos encontrar muchos tipos de procesamiento y análisis de los métodos de imágenes hiperespectrales.

Hay ciertas longitudes de onda absorbidas por la atmósfera, por lo que no es ni recomendable ni útil situar a los sensores en estos rangos del espectro en los satélites.

Dado que ahora nuestro país ha decidido hacer uso de la tecnología satelital para diversas aplicaciones, es necesario tener conocimientos que nos ayuden a establecer los parámetros correctos para una adecuada utilización de nuestro satélite futuro.

Referencias:

[1] R. B. Smith, "Introducción a Imágenes Hiperespectrales", *TNTmipset*, 2001

[2] A. Plaza, P. Martinez, R. Perez, and J. Plaza, "A quantitative and comparative analysis of endmember extraction algorithms from hyperspectral data," *Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on*, vol. 42, no. 3, pp. 650–663, 2004

[3] Miguel A. Veganzones and Manuel Grana, "Endmember extraction methods: A short review," in *Knowledge-Based Intelligent Information and Engineering Systems, 12th International Conference, KES 2008*, Zagreb, Croatia, September 3-5, 2008, Proceedings, Part III, vol. 5179 of Lecture Notes in Computer Science, pp. 400–407. Springer, 2008.

[4] Manuel Grana, Ivan Villaverde, Jose O. Maldonado, and Carmen Hernandez, "Two lattice computing approaches for the unsupervised segmentation of hyperspectral images," *Neurocomput*., vol. 72, no. 10-12, pp. 2111–2120, 2009.

[5] A. Roman-Gonzalez, M. A. Veganzones, M. Graña, M. Datcu, "A Novel Data Compression for Remote Sensing data Mining", *ESA-JRC-EUSC Image Information Mining: Geospatial Intelligence from Earth Observation Conference*, Ispra – Italy, March 30 – April 1, 2010, pp. 101-104.

[6] J.O. Maldonado, D. Vicente, M.A. Veganzones, and M. Grana, "Spectral indexing for hyperspectral image CBIR," *Torrejon air base*, Madrid (Spain), 2006.

E-mail: avid.roman-gonzalez@ieee.org