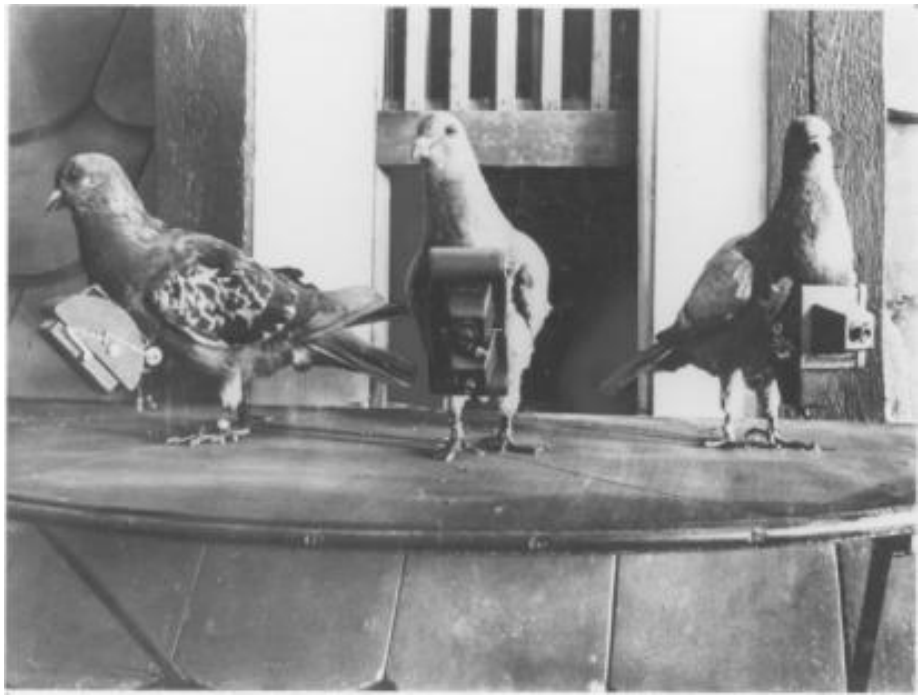
CATEDRA DE FOTOINTERPRETACION
DEPARTAMENTO DE GEOCIENCIAS
FACULTAD DE INGENIERIA – UNNE
Mgter. Ing. Indiana Basterra

TELEDETECCION-IMÁGENES SATELITALES-PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMAGENES

Contenido: Teledetección: Interacción de la radiación electromagnética con la superficie terrestre. La vegetación. Los suelos. El agua. La atmósfera. Satélites para recursos naturales: Sensores: Landsat 5. Landsat 7. SAC-C. Spot. IKONOS. Quickbird.

El procesamiento digital de imágenes: Definición. Imagen digital. Sistemas digitales. Tratamiento de la información. Caracterización estadística de las imágenes. Histograma de una imagen. Coeficiente de correlación. Correcciones. Mejoramiento de imágenes. Mejoramiento del contraste. Segmentación. Filtraje o convolución. Operaciones entre bandas. Índice de vegetación. Composición a color. Extracción de información. Clasificación de imágenes multiespectrales. Clasificación Supervisada. Clasificación no supervisada. Clasificación híbrida

Objetivo: conocer las imágenes satelitales como fuente de información.



1. TELEDETECCIÓN

Se puede definir como la ciencia y arte de obtener información de un objeto analizando datos adquiridos mediante algún dispositivo que no está en contacto físico con dicho objeto.

Es indudablemente hoy día, una de las fuentes más importantes de obtención de información vinculada al ambiente. En la actualidad, el uso de los satélites, ofrece un programa continuo de adquisición de datos para el mundo entero, con una periodicidad que va desde horas a varias semanas y lo que es destacable es el acceso al formato digital que permite una rápida interpretación e integración de los resultados a un Sistema de Información Geográfica (SIG).

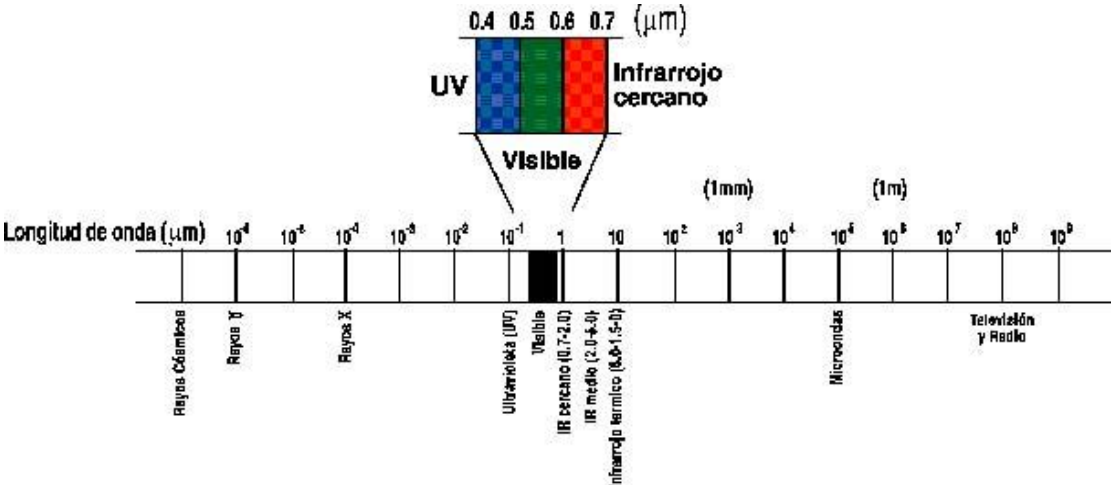
La teledetección en términos generales, engloba no solo los procesos que permiten obtener la imagen, sino su posterior tratamiento, en el contexto de una aplicación específica.

La condición de "técnica aplicada", implica una directa dependencia del estado del arte en los componentes del proceso: sensores, plataformas, sistemas de transmisión, desarrollo de softwares, políticas de divulgación, etc.

La teledetección se basa en la captación mediante un sensor de la radiación electromagnética que procede de la superficie terrestre. La radiación electromagnética puede describirse como un haz ondulatorio armónico y continuo. El tipo de radiación puede caracterizarse a partir de dos elementos: la frecuencia (f= número de veces que un ciclo pasa por un punto determinado) y la longitud de onda y que indica la distancia entre dos picos sucesivos de una onda. Ambos parámetros están inversamente relacionados.

Todo objeto con temperatura superior al cero absoluto, radia energía, tanto mayor cuando mayor sea su temperatura. Además, al aumentar la temperatura, esa radiación será más intensa en longitudes de onda más corta. El sensor puede limitarse a captar la energía irradiada por la cubierta – ya sea por reflexión de la energía solar, ya por emisión de esa cubierta-, o bien ser capaz de generar un haz energético artificial, que recoja posteriormente, tras su reflexión sobre los objetos estudiados.

Cualquier tipo de energía radiante puede caracterizarse por su longitud de onda o frecuencia. Las distintas longitudes de onda se agrupan normalmente para su estudio en bandas contiguas, en las que la radiación posee un comportamiento similar. Recibe el nombre de espectro electromagnético el conjunto de estas bandas o tipos de radiación, según su longitud de onda.



Espectro electromagnético

Fuente: CONAE:"CONOCIMIENTOS BASICOS SOBRE TELEOBSERVACION SATELITES

El espectro incluye desde las longitudes de onda ínfimas (rayos X y Gamma), hasta aquellas usadas en telecomunicaciones, con longitudes de onda mucho mayores. Las unidades en que aparecen expresadas las distintas longitudes de onda, son variables de acuerdo a su tamaño: micras o micrómetros, o metros o centímetros para la más largas; por supuesto, todas ellas pueden expresarse en valores de frecuencia (Hertzios o Gigahertzios GHz).

Entre las distintas bandas del espectro electromagnético, solo un restringido rango puede usarse en teledetección. Esto se debe principalmente al efecto absorbente de la atmósfera, que filtra cierto tipo de radiaciones. En consecuencia, únicamente en aquellas regiones del espectro donde la transmisividad de la atmósfera es alta, pueden abordarse procesos de teledetección (salvo que lo que se pretenda sea precisamente observar las condiciones de la atmósfera).

Las regiones del espectro con alta transmisividad atmosférica, reciben el nombre de "ventanas atmosféricas". Pueden resumirse en las siguientes:

- Espectro visible: ocupa la banda entre 0,4 y 0,7 micrones y su denominación se debe a que es la única radiación que puede captar el ojo humano. Dentro del visible podemos distinguir tres bandas espectrales correspondientes a los tres colores básicos: azul, verde y rojo

- Infrarrojo próximo: se extiende desde 0,7 a 1,3 micrones. En teledetección se utiliza para la observación del estado de la vegetación y de concentraciones de humedad.

- Infrarrojo lejano o térmico: entre 10 y 12,5 micrones. Puede detectar procesos de transferencia de calor, ya que en esta banda se sitúa la máxima emitancia para las temperaturas habituales de la superficie terrestre. En consecuencia en esta banda se observa la energía que emiten los objetos, y no la que reflejan de la luz solar, por lo que es posible utilizar esta banda en observaciones nocturnas.

- Microondas: comprende las longitudes de onda mayores de 1mm. El interés de esta banda es que resulta prácticamente transparente a la cubierta nubosa, lo que la hace idónea para el estudio donde las nubes se dan de manera casi permanente

(por ejemplo, las zonas tropicales). Esta región del espectro puede utilizarse también sin luz solar.

INTERACCIÓN DE LA RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA CON LA SUPERFICIE TERRESTRE

Cada elemento de la superficie terrestre, ofrece una forma particular de reflejar o emitir la radiación electromagnética, dependiendo de sus propiedades físico- químicas y variable, según la zona del espectro que analicemos. Esa variabilidad se manifiesta en la denominada “curva espectral” o “firma espectral” o “signatura”, propia de cada objeto.

La señal que recibe un satélite, depende de dos grupos de factores:

- los propios del objeto, características físicas y químicas, y
- los que dependen de los condicionamientos ambientales externos al objeto: hora de toma, latitud, estado atmosférico, etc.

Tres elementos característicos para una evaluación de los recursos naturales, son: la vegetación, el agua y el suelo:

La vegetación

Pese al gran número de estudios vinculados a la firma espectral de la vegetación, aún ofrece dificultades por la complejidad de la variable vegetación. Entre otros, variará en función de: la propia reflectividad de la hoja (estado fenológico, forma y contenido de humedad), características morfológicas de la planta (altura, concentración) y ubicación de la planta (pendientes, orientación, asociación con otras especies, etc.).

A pesar de lo anterior, existen características generales:

-reducida reflectividad en el visible y alta en el infrarrojo cercano.

-reducción drástica de la reflectividad en el infrarrojo medio (debido al contenido de agua de la planta), que permite conocer el estado de vigor de la planta.

Los suelos

La firma espectral media del suelo desprovisto de vegetación es una curva ascendente, desde el espectro visible hasta el infrarrojo y se debe a factores como la composición química, la textura, la estructura y el contenido de humedad. Los suelos con componentes calizos, tienden a tener una alta reflectividad en todas las bandas visibles, mientras que los del tipo arcillosos suelen tener una mayor reflectividad en la banda roja del espectro, debido al contenido de óxido de hierro. En general:

- mayor reflectividad, cuanto más secos y menor contenido de materia orgánica posean.

- En las longitudes de onda largas, es determinante el contenido de humedad.

El agua

La mayor reflectividad del agua, se produce en las longitudes de ondas más cortas del espectro (azul y verde). De todas maneras, la reflectividad es baja en cualquier longitud de onda, porque el agua absorbe o transmite la mayor parte de la radiación que recibe, salvo en aguas con oleaje, donde deja de comportarse como una superficie especular para dar una reflectividad difusa por la rugosidad.

La curva espectral está determinada por el contenido de materia en suspensión y la profundidad del agua. En general:

- Aguas poco profundas, tienen gran influencia de la composición de los sedimentos del fondo, aumentando la reflectividad general.
- Si los materiales en suspensión tienen un alto contenido de clorofila, la reflectividad en el azul baja y aumenta en el infrarrojo cercano y verde.
- Si el contenido de arcilla es alto, en el rojo será mayor la reflectividad.

La atmósfera

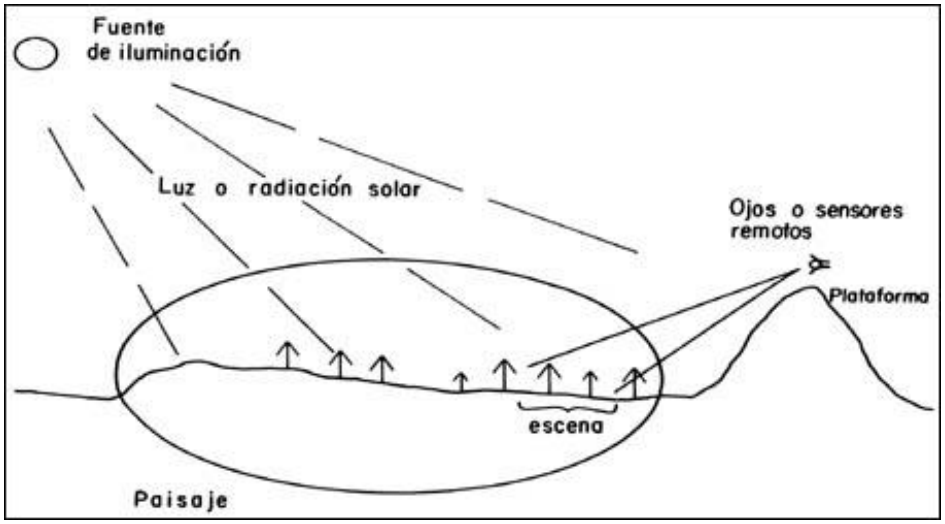
La atmósfera es un obstáculo para la observación de la superficie terrestre, ya que se interpone entre el sensor y los objetos, absorbiendo, dispersando o emitiendo señales, tanto provenientes del sol como de los objetos.

Los componentes de la atmósfera (aerosoles, vapor de agua, CO_2 y ozono, principalmente) interactúan generando:

-Absorción de la energía en algunas regiones del espectro. Donde la transmisividad es alta, se encuentran las ventanas atmosféricas (visible e infrarrojo cercano, medio térmico y microondas).

-Dispersión: afecta en mayor o menor medida a todo el espectro óptico. Difícil de corregir por la variabilidad de las condiciones.

-Emisión: los componentes de la atmósfera, también emiten energía añadiendo un componente extraño a la respuesta recibida por el sensor.



En conclusión, la atmósfera, genera una interferencia a la respuesta de la superficie terrestre, produciendo un “ruido” en la señal recibida, que se analiza.

2. SATÉLITES PARA RECURSOS NATURALES

El término engloba a las plataformas y los sensores. Las plataformas, son los soportes que llevan a cabo el instrumental receptor de las señales, sensores y demás mecanismos que hacen a su funcionamiento.

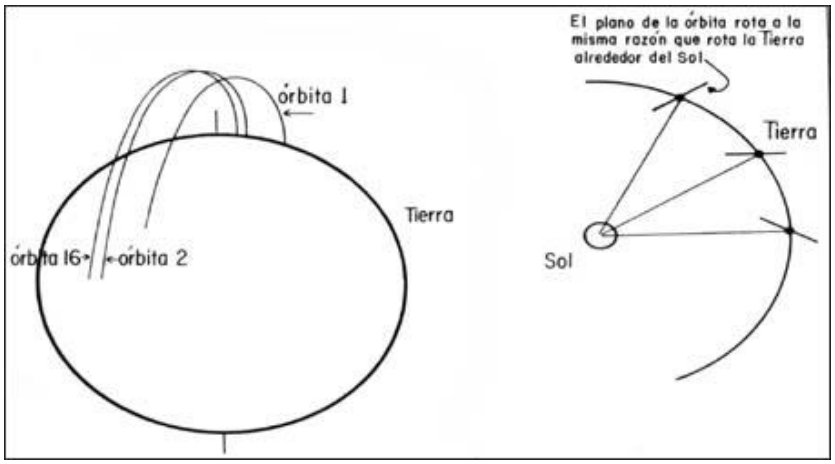
Los elementos que las componen tienen las funciones de control y seguimiento desde las estaciones terrenas (módulos de propulsión, paneles para obtención de energía, etc.), obtención de datos (sensores) y transmisión de datos (antenas, equipos de comunicación).

Las plataformas están situadas a gran altura sobre la superficie terrestre, el sensor remoto se encuentra instalado a bordo de un vehículo orbital, el cual, por medio de celdas solares, sistemas de control y telecomunicación automatizados, proporciona la posibilidad de una cobertura regular y repetitiva de la superficie terrestre.

Según el lugar que ocupan en el espacio, se puede hablar de:

-Satélites geoestacionarios: orbitan muy alto, y están sincronizados con el movimiento de la tierra.

-Satélites heliosincrónicos: que giran alrededor de la tierra, orbitando a mayor velocidad. Generalmente de orbitas polares.



SENSORES

Son los elementos que captan los datos provenientes de la superficie terrestre. Según el procedimiento utilizado, se los denomina pasivos o activos.

Los pasivos, son los que se limitan a recoger la energía reflejada o emitida por la superficie, y los activos, recogen energía generada por el mismo sensor (radares).

Otra manera de clasificarlos, es según la técnica que emplean:

sensores fotográficos: registran la información en películas sensibles a la luz (fotografías)

sensores óptico- electrónicos: transforman a bordo la energía recibida en un valor digital, que se transmite directamente en tiempo real. De dos tipos, scanners (Landsat) y de empuje (Spot).

sensores de antena: para longitudes de onda largas, activos (radiómetros de microondas) y pasivos (RADAR).

Resoluciones de un sensor:

1- Espacial: Es la capacidad de un sensor para distinguir objetos de cierto tamaño.

2- Espectral: se refiere al número de bandas espectrales que puede discriminar el sensor y el ancho que éstas poseen.

3- Radiométrica: se refiere a la sensibilidad que tiene el sensor de detectar variaciones de la radiancia que recibe. En fotografías, el número de grises y en sensores óptico- electrónicos, la cantidad de valores digitales (256, Landsat; 1024, NOAA-AVHRR).

4- Temporal: se refiere a la frecuencia de cobertura de una misma porción de la superficie terrestre. Puede ser variable. (los meteorológicos, cada 30 minutos, los dedicados a recursos naturales, 3 semanas).

Los sensores ópticos multiespectrales, como LANDSAT, SAC-C, SPOT, IKONOS y QUICKBIRD, son sistemas de tipo pasivos y recogen datos a frecuencias correspondientes al espectro visible, infrarrojo reflejado e infrarrojo térmico.

LANDSAT 5

El satélite Landsat 5 fue puesto en órbita el 1° de marzo de 1984 portando el sensor MSS y el sensor TM (Mapeador Temático) con captura de datos en 7 bandas diferentes. Su órbita, sincrónica con el sol, tiene una altura de 705 Km y un período de 98.9 minutos, o sea que da 14 vueltas diarias alrededor de la Tierra. Por ser heliosincrónica pasa por una determinada longitud siempre a la misma hora, las 9:45 am (hora local).

El Landsat 5 pertenece al programa Landsat, financiado por el gobierno de los Estados Unidos y operado por la NASA. Pesa 2200 Kg y tiene una longitud aproximada de 4 metros. Las bandas fueron elegidas especialmente para el monitoreo de vegetación a excepción de la banda 7 que se agregó para aplicaciones geológicas.

Utilidad de las diferentes bandas en la extracción de información

Banda 1: (0,45 a 0,52 micrones - azul -) Diseñada para penetración en cuerpos de agua, es útil para el mapeo de costas, para diferenciar entre suelo y vegetación y para clasificar distintos cubrimientos boscosos, por ejemplo: coníferas y latifoliadas. También es útil para diferenciar los diferentes tipos de rocas presentes en la superficie terrestre.

Banda 2: (0,52 a 0,60 micrones - verde -) Especialmente diseñada para evaluar el vigor de la vegetación sana, midiendo su pico de reflectancia (o radiancia) verde. También es útil para diferenciar tipos de rocas y, al igual que la banda 1, para detectar la presencia o no de limonita.

Banda 3: (0,63 a 0,69 micrones - rojo -) Es una banda de absorción de clorofila, muy útil para la clasificación de la cubierta vegetal. También sirve en la diferenciación de las distintas rocas y para detectar limonita.

Banda 4: (0,76 a 0,90 micrones - infrarrojo cercano -) Es útil para determinar el contenido de biomasa, para la delimitación de cuerpos de agua y para la clasificación de las rocas.

Banda 5: (1,55 a 1,75 micrones - infrarrojo medio -) Indicativa del contenido de humedad de la vegetación y del suelo. También sirve para discriminar entre nieve y nubes.

Banda 6: (10,40 a 12,50 micrones - infrarrojo termal -) El infrarrojo termal es útil en el análisis del stress de la vegetación, en la determinación de la humedad del suelo y en el mapeo termal.

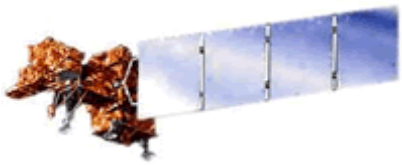
Banda 7: (2,08 a 2,35 micrones - infrarrojo medio -) Especialmente seleccionada por su potencial para la discriminación de rocas y para el mapeo hidrotermal. Mide la cantidad de hidróxilos (OH) y la absorción de agua.

El mapeador temático (TM) tiene mayor sensibilidad radiométrica que su antecesor, el MSS, y mejor resolución espacial, ya que el tamaño del pixel en todas las bandas excepto la 6, es de 30 metros. La banda 6, que es una banda termal, tiene un pixel de 120 metros en el terreno. El sensor MSS, tiene una resolución espacial de 79 m y espectral de 4 bandas.

Cada imagen cubre 185 x 185 Km (escena completa) aproximadamente pero también es posible fraccionarlas en cuadrantes (1/4 de escena, 90 x 90 Km) o mini escenas de 50 x 50 Km.

LANDSAT 7

El Landsat7 es el satélite operacional más reciente del programa Landsat.



El último satélite fue lanzado en abril de 1999 con un nuevo sensor denominado ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus). Su operación es administrada por la NASA (National Space and Space Administration) y la producción y comercialización de imágenes depende de la USGS (United Sates Geological Survey).

Una imagen Landsat7 ETM+ está compuesta por 8 bandas espectrales que pueden ser combinadas de distintas formas para obtener variadas composiciones de color u opciones de procesamiento. Entre las principales mejoras técnicas respecto de su antecesor, el satélite Landsat 5, se destaca la adición de una banda espectral (Banda Pancromática) con resolución de 15 metros. También cuenta con mejoras en las características geométricas y radiométricas y una mayor resolución espacial de la banda térmica para 60 m. Estos avances tecnológicos permiten calificar al Landsat7 para la

generación de imágenes con aplicaciones directas hasta una escala de 1:25.000, principalmente en áreas rurales o territorios de grandes extensiones.

Un factor importante es que el período de revolución del Landsat7 es igual que el del Landsat 5 (16 días), y una imagen cubre igual área (185 x 185 km por escena), lo que resulta de gran utilidad para realizar estudios multitemporales.

Resolución espacial:

30 m en las bandas del espectro visible y del infrarrojo (canales 1, 2, 3, 4, 5 y 7).

60 metros en el infrarrojo térmico (canales 6L e 6H)

15 m en banda Pancromática (canal 8).

La banda Pancromática es la mayor novedad del sensor ETM+ en el Landsat7. Su resolución espacial de 15 m registrado con las demás bandas, permite que las imágenes generadas a través de este sensor sean trabajadas para obtener ampliaciones hasta una escala de 1:25.000

SATÉLITE SAC-C (PIMH) - PRODUCTOS INTEGRADOS CÁMARA MMRS & CÁMARA HRTC

El SAC-C, satélite argentino desarrollado por la CONAE, ofrece actualmente los primeros productos beta de integración (merge) de imágenes captadas simultáneamente por las cámaras HRTC (High Resolution Technical Camera) y MMRS (Multispectral Medium Resolution Scanner).

La resolución espacial de la cámara HRTC es de 35 metros y la de la cámara MMRS es de 175 metros. La cámara HRTC es pancromática, con una única banda espectral. La cámara MMRS es multiespectral con cinco bandas, tres de ellas en la región del visible (VIS), una en la región del infrarrojo cercano (NIR), y la restante en la región del infrarrojo de onda corta (SWIR).

El objetivo de este desarrollo es generar un producto de cinco bandas (equivalentes a las bandas de la cámara MMRS) con una resolución de 35 metros (equivalente a la de la cámara HRTC) conservando las características radiométricas de cada banda y con un ancho de observación (swath width) de 90 kilómetros (correspondiente al de la cámara HRTC).

Subset correspondiente al path 224, sobre Argentina.
Fecha de adquisición: 30 septiembre 2002.
Combinación de bandas 3-2-1 (fuente CONAE)

Subset correspondiente al path 227, sobre Argentina.
Fecha de adquisición: 5 octubre 2002.
Combinación de bandas 3-2-1 (fuente CONAE)

Subset correspondiente al path 228, sobre Argentina.
Fecha de adquisición: 26 septiembre 2002.
Combinación de bandas 3-2-1 (fuente CONAE)

SPOT

SPOT es un satélite de observación terrestre, financiado primeramente por el gobierno francés y manejado por la Agencia Espacial francesa. Fue lanzado en 1986. Orbita a una altura de 831 km, con órbita cuasi polar, una resolución espacial de 26 días en posición vertical y abarcando un área de 117 km.

El sistema posee dos sensores idénticos (TWIN) denominados HRV (High resolution Visible), que pueden trabajar en simultáneo. Poseen una característica que les permite ser dislocados hasta 27º en ambos lados a partir de la vertical, con dos importantes consecuencias en la adquisición de la información:

- Permite que la resolución temporal se reduzca a 4 dias en su máxima posición de vista y se observe un área máxima de 950 Km.

- Permite la visión estereoscópica de las imágenes.

El sensor HRV es del tipo Pushbroom o de empuje y capta información en modo multiespectral y pancromática. En el modo multiespectral posee una resolución

espectral de 3 bandas: Banda 1, azul; Banda 2 verde y Banda 3 infrarrojo cercano. En el modo pancromático, tiene una resolución de 1 banda que abarca la zona visible del espectro electromagnético.

SPOT 5

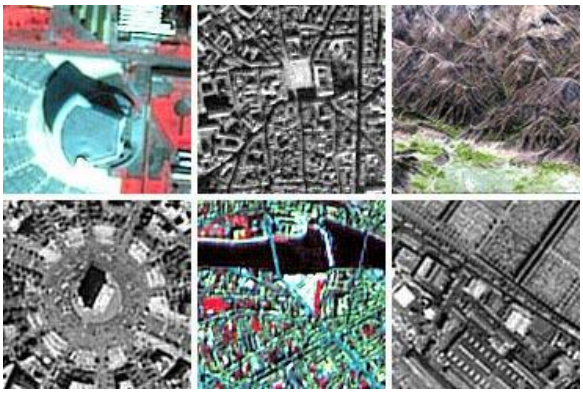
Fue lanzado el 7 de mayo de 2002 y posee como instrumentos el HRG (Alta resolución geométrica), el HRS (instrumento estereoscópico) y VEGETATION 2.

La precisión de los datos adquiridos por SPOT 5 es hasta 4 veces más fina que con los antecesores, aportando un progreso considerable en calidad y cantidad con la producción masiva de ortoimágenes y de MDT (Modelos digitales del terreno) a partir de pares estereoscópicos adquiridos simultáneamente por el instrumento HRS (Alta Resolución Estereoscópica). Se introducen las siguientes mejoras:

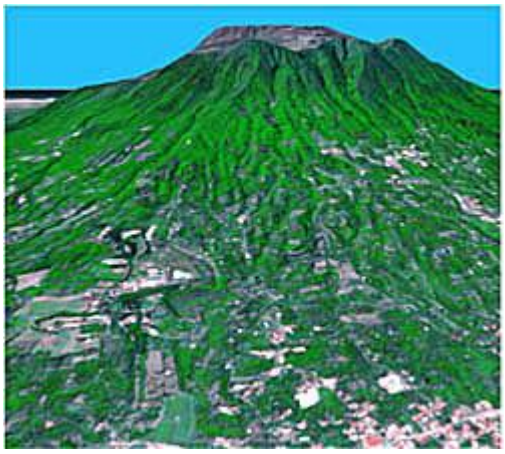
Mejora la resolución espacial: 5m y 2,5m en pancromático, comparado con 10 m y 10 m en modo multiespectral, comparado con los anteriores 20m. Estas mejoras resultan particularmente interesantes para todas las aplicaciones, especialmente aquellas que utilizan escalas de 1:25.000 a 1:10.000.

El instrumento estereoscópico HRS cubre un vasto territorio en una sola adquisición.

El tamaño de las imágenes se mantiene 60 Km. por 60 Km. o 60 Km. por 120 km en TWIN, utilizando los dos instrumentos de HRG. Estas imágenes estereoscópicas son indispensables para todas las aplicaciones que requieren un conocimiento preciso del relieve.



El instrumento VEGETATION 2, permite continuar con las observaciones del ambiente a escala continental, tal como lo hace su predecesor a bordo de SPOT 4.



IKONOS

El satélite IKONOS es el primer satélite de tipo comercial que posibilita la captación de imágenes con un metro de resolución espacial. Fue lanzado el 24/09/99. El término "IKONOS" proviene del griego y significa "imagen".

IKONOS colecta información de cualquier área en promedio dos veces al día, cubriendo áreas de 20,000 km2 en una misma pasada y produciendo como resultado imágenes de 1 metro de resolución cada tres días y de 2 m de resolución todos los días. Posibilita además, la visualización e interpretación estereoscópica tradicional, más la posibilidad de realizar estéreo análisis digital.

El satélite IKONOS pesa unos 720 kg y órbita la Tierra cada 98 minutos a una altitud de casi 680 km en forma sincronizada con el Sol, pasando sobre un determinado lugar aproximadamente a las 10:30 a.m. hora local. La órbita cubierta por el satélite se concentra lejos del área directamente debajo del recorrido del mismo, y los datos de un lugar determinado puede ser captados casi diariamente, si bien no en todos los casos con 1 m de resolución.

Resolución espacial

1m en banda pancromática

4m en modo multiespectral.

Resolución espectral:

Pancromático: 0.45 - 0.90 µm

Azul: 0.45 - 0.52 µm

Verde: 0.52 - 0.60 µm

Rojo: 0.63 - 0.69 µm

Infrarrojo próximo: 0.76 - 0.90 µm

Imagen Ikonos Pan-Sharpened 1-m de un sector del Gran Buenos Aires. (fuente Aeroterra)

Ejemplo de Imágenes IKONOS con diferentes resoluciones:

Resolución de 1 m.

Represa Itaipu, límite Brasil/Paraguay (fuente IKONOS satellite Imagery)

Resolución de 1 m, color verdadero.

Represa Itaipu, límite Brasil/Paraguay (fuente IKONOS satellite Imagery)

Resolución de 4 m, multiespectral, falso color.

Represa Itaipu, límite Brasil/Paraguay (fuente IKONOS satellite Imagery)

Resolución de 4 m, multiespectral, color verdadero.

Represa Itaipu, límite Brasil/Paraguay (fuente IKONOS satellite Imagery)

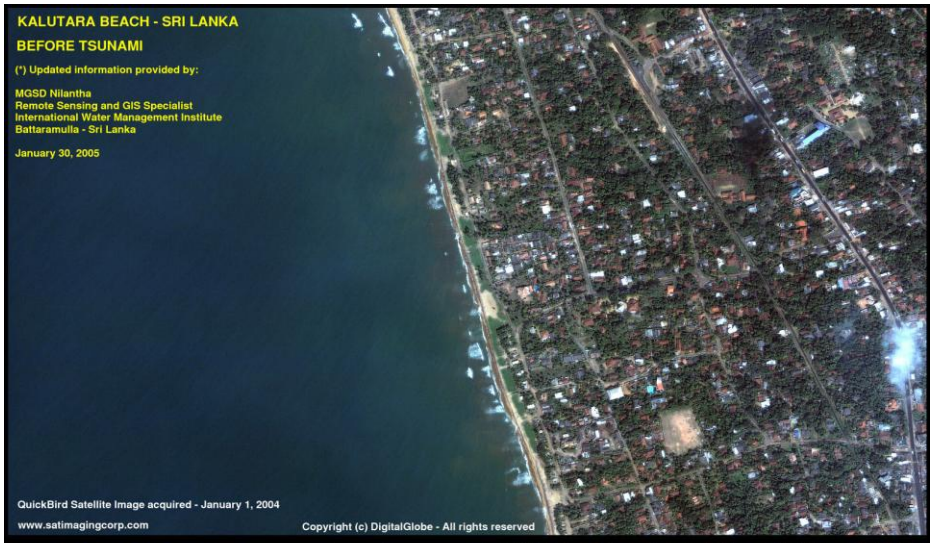
QUICKBIRD

Fue lanzado al espacio el 18 de Octubre de 2001 en Vandenberg Air Force Base, California, USA. Es un satélite de alta resolución con 0,61 m el pixel, lo que permite un alto grado de detalle para análisis de usos de la tierra y variabilidad en el tiempo, estudios agrícolas, forestales, etc. Su resolución lo hace muy apto para estudios urbanos, obras de ingeniería y construcción.

Características del sensor del satélite QuickBird: Altitud orbital 450 Km., inclinación de la órbita 97.2º, heliosincrónico, hora de cruce por el Ecuador: 10:30 a.m. (nodo descendente)

Imagen multiespectral 2,44 m de resolución espacial, 4 bandas.

Imagen pancromática de 60 cm de resolución espacial.


KALUTARA BEACH - SRI LANKA
BEFORE TSUNAMI
(*) Updated information provided by:
MGSD Nilantha
Remote Sensing and GIS Specialist
International Water Management Institute
Battaramulla - Sri Lanka
January 30, 2005
QuickBird Satellite Image acquired - January 1, 2004
www.satimagingcorp.com
Copyright (c) DigitalGlobe - All rights reserved

KALUTARA BEACH - SRI LANKA
FEW MINUTES BEFORE TSUNAMI *
www.satimagingcorp.com
QuickBird Satellite Image acquired - December 26, 2004
Copyright (c) DigitalGlobe - All rights reserved

KALATURA BEACH - SRI LANKA
DURING TSUNAMI *
www.satimagingcorp.com
Copyright (c) DigitalGlobe - All rights reserved
Satellite Imaging Corporation
12777 Jones Road, Suite 370
Houston, Texas 77070-4647 USA
Tel: 1.832.237.2900
Fax: 1.832.237.2910
Web: www.satimagingcorp.com
E-Mail: info@satimagingcorp.com
QuickBird Satellite Image acquired - December 26, 2004

EL PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES

DEFINICIÓN

El análisis digital de datos engloba una serie de técnicas de manipulación numérica de datos contenidos en imágenes digitales.

Este análisis requiere para su realización de un software y hardware adecuados. Como se observa en la definición, hasta ahora, solo se mencionan técnicas de aplicación a imágenes. Dependiendo del fin de aplicación de dichas técnicas, serán los diversos softwares a utilizar y actualmente existentes en el mercado.

Por ejemplo, si el propósito de esta manipulación numérica, es el de obtener un producto fotográfico escaneado de mejor calidad proveniente de una cámara digital, se estará ante la necesidad de utilización de un software específico: Corel Photo Paint, Photo Express, etc. Pero cuando, además de mejorar la calidad del producto visual, se pretende extraer otro tipo de información vinculada a diversos datos de los ecosistemas, se utilizan los denominados softwares de procesamiento de imágenes. En este caso, si bien su nombre involucra a los anteriores por definición, se especializan en los datos de imágenes digitales provenientes de satélites.

El procesamiento digital de imágenes, es la aplicación de técnicas matemáticas, estadísticas y computacionales, que permiten mejorar, corregir, analizar y extraer información de las imágenes captadas por los sensores a borde de los satélites.

El procesamiento digital permite realizar operaciones complejas, muy costosas o inaccesibles para el análisis visual. Tiene la ventaja de permitir una rápida comparación de fenómenos multitemporales por la accesibilidad a la información que posee.

IMAGEN DIGITAL

Los sensores remotos actuales son capaces de producir imágenes de alta calidad en forma analógica o digital, es decir, pueden proporcionar una representación continua o discreta de la escena. Una imagen continua es aquélla donde la variación de tonos de gris o color se presenta sin discontinuidades. Una imagen discreta es la que está compuesta por elementos definidos y diferenciados como puntos o cuadrados. Es necesario aclarar que una escena siempre es continua, y la imagen respectiva, no lo es. Una imagen continua es una idealización de lo que realmente sucede, pues una fotografía a simple vista podrá verse continua, pero al ser amplificada se observa que está conformada por una serie de pequeños puntos de diferentes tonalidades.

Una imagen satelital, es una imagen digital, la cual, dada su condición, posee una diferente manera de adquisición de información que la fotografía común. Así como en la fotografía, la imagen se obtiene a través del registro de los objetos sobre una superficie sensible a la luz, en el caso de los sensores óptico- electrónicos, dicha superficie, no existe. Y lo que realiza el sensor es captar, a intervalos regulares, la radiación que proviene de la superficie. Ese intervalo regular, traducido a la superficie terrestre, es un área determinada, donde el sensor detecta un valor medio de la radiancia de todos los objetos que la conforman. Esa unidad mínima de captación de energía, es lo

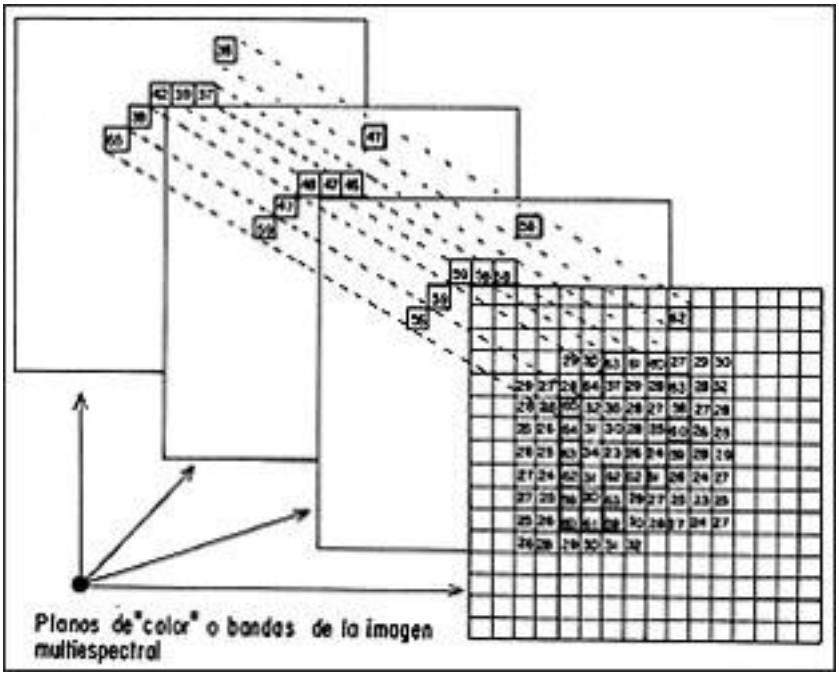
que se denomina “pixel” o picture element. El pixel es la mínima unidad visual que aparece en una imagen digital.

El valor de la energía captada, se envía a una serie de mecanismos que lo transforman en un valor numérico. Este valor es denominado, Nivel de Gris, Valor de Gris, Nivel de Brillo, Nivel Digital (ND). Hasta este momento es solo un número, pero que puede traducirse a una intensidad visual mediante la referencia a una escala de grises (de ahí otra de sus denominaciones de nivel de gris). Esta escala de grises, tendrá un valor máximo o mínimo (de cuanto más o menos refleja el objeto o superficie). Este proceso de asignación de tonos de grises, se denomina “reconstrucción” y es el que nos permite “visualizar” la información proveniente de los satélites.

Si se representa en un sistema de coordenadas la escena de la superficie terrestre, donde los ejes X e Y dan la ubicación espacial del píxel, los valores numéricos asignados (proporcional a la reflectancia de esa porción de terreno representada por el píxel) conformarán una matriz.

De ahí, surge la definición de una imagen digital: es una "colección de números organizados en forma matricial".

Pero una imagen proveniente de los satélites, no solo registra el valor de energía reflejada en una banda o canal, sino que lo hace en más de uno, dependiendo del sensor. De manera que se puede agregar una tercera dimensión, el eje Z, correspondiente a los distintos canales del espectro electromagnético que se están captando que conforman así, la estructura de la imagen digital. De ahí su denominación de imagen multiespectral.



Según se observa en la figura, la matriz, se conforma por las dimensiones x e y (coordenadas geográficas) y la dimensión espectral (valor de gris).

La orientación es aproximadamente Norte- sur, según obtiene los datos el satélite en su órbita. La matriz, conforma filas y columnas y a fines de identificarlas el eje 0;0 se

encuentra en la esquina superior izquierda a diferencia del sistema cartesiano de coordenadas.

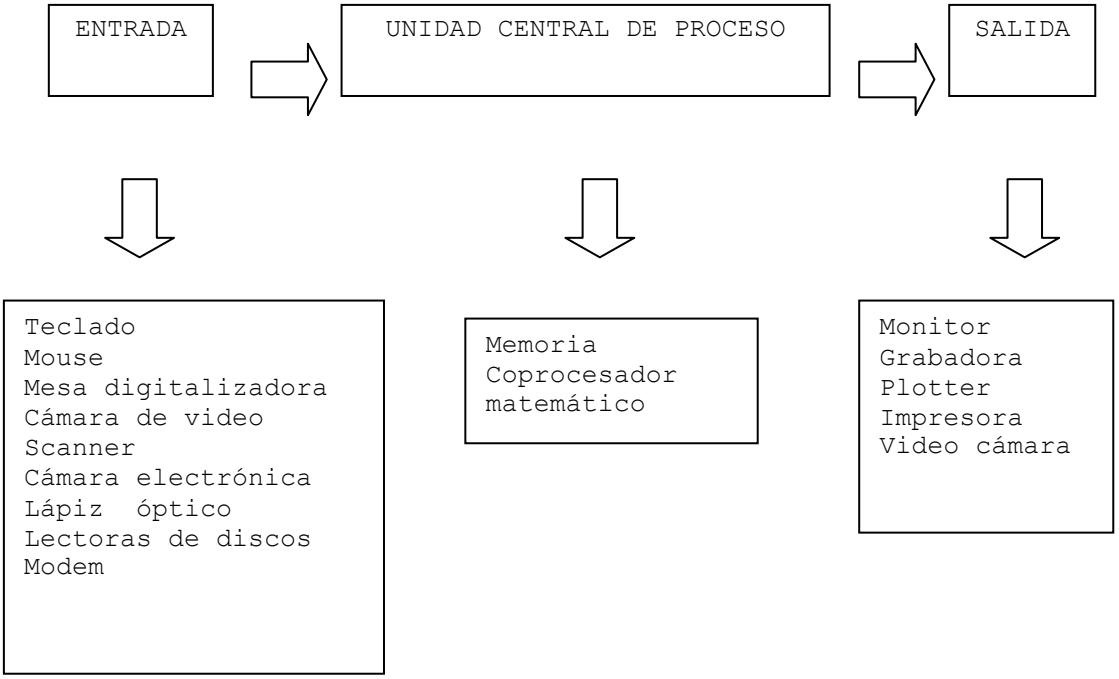
Una vez comprendido el carácter matricial de los datos de la imagen, es factible sobre la misma aplicar todas las operaciones matemáticas y estadísticas correspondientes. Se podrán calcular valores medios, cambiar su orientación, realizar operaciones entre bandas, etc.

Toda ésta información numérica es almacenada en cintas compatibles con computadoras para un posterior grabado en formatos accesibles a los usuarios.

SISTEMAS DIGITALES

Hardware

Las características básicas del hardware necesario para un procesamiento digital de imágenes, puede observarse en el siguiente esquema:



Software

Son programas que permiten la manipulación del equipo para solucionar, mediante algoritmos, problemas inherentes al procesamiento de datos. Las características que deben poseer, son las siguientes:

- velocidad
- confiabilidad (debe advertir datos erróneos)
- interactividad

- versatilidad
- portátil

TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Se pueden considerar tres grupos de tratamiento de la información proveniente de los satélites:

- Correcciones
- Mejoramiento
- Extracción de información

Correcciones: A los fines de la utilización de una imagen es necesario corregirlos los errores de los datos obtenidos por el sensor. Los defectos pueden provenir por la distorsión de la geometría particular que guarda la plataforma y el sensor con la escena y la fuente de iluminación, por condiciones atmosféricas, etc.

Mejoramiento: Incluye tratamientos de realce de la imagen, mediante la transformación de los datos con el fin de poner en evidencia ciertos patrones en la imagen.

Extracción de información: Incluye la clasificación de los datos relativos a la escena a efectos de obtener información.

Los anteriores procesos, se basan para su realización en la condición matricial de la imagen satelital. Es una matriz almacenada en archivo, conteniendo información y por lo tanto es factible aplicar sobre ella, los métodos de análisis estadísticos aplicables a cualquier matriz.

Es así, que para el tratamiento digital de las imágenes, se recurre a la estadística, que se convierte así, en una herramienta principal para el procesamiento de la información.

CARACTERIZACIÓN ESTADÍSTICA DE LAS IMÁGENES

Para poder cuantificar mejor las características de las imágenes, es necesario conocer algunos parámetros estadísticos, que deben calcularse. Estos cálculos, podemos dividirlos en dos grandes grupos, según que las operaciones a realizarse sean para cada banda de la información, o entre las distintas bandas. Algunos de los parámetros estadísticos a los que recurre el procesamiento digital, son: histograma, entropía, valores máximo-mínimo-media, varianza, desviación Standard, para cada banda y Coeficiente de correlación para el análisis entre bandas

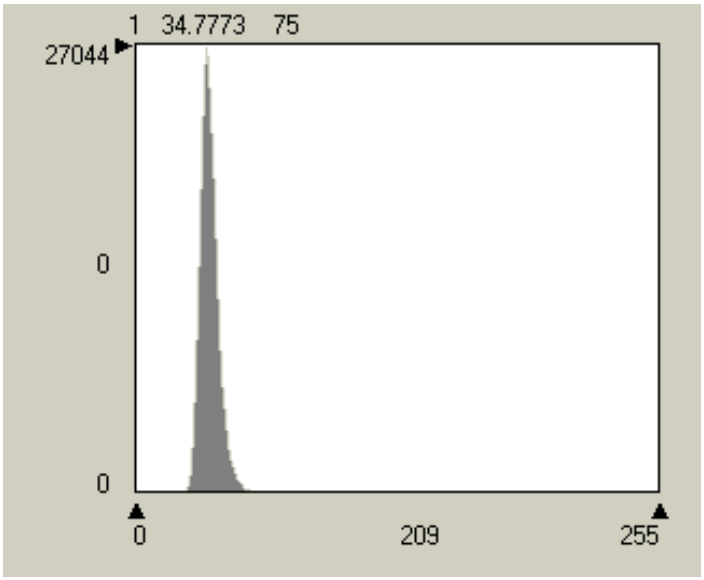
Histograma de una imagen

Es la función que representa la frecuencia de ocurrencia de cada uno de los niveles de gris (proporcionales a la radiometría) en una imagen digital. La forma de representación, puede ser en forma numérica o gráfica.

Histogram of rcfc

Class	Lower Limit	Upper Limit	Frequency	Prop.	Cum. Freq.	Cum. Prop.
0	0.0000	0.9999	819	0.0014	819	0.0014
1	1.0000	1.9999	92	0.0002	911	0.0016
2	2.0000	2.9999	0	0.0000	911	0.0016
3	3.0000	3.9999	0	0.0000	911	0.0016
4	4.0000	4.9999	0	0.0000	911	0.0016
5	5.0000	5.9999	0	0.0000	911	0.0016
6	6.0000	6.9999	0	0.0000	911	0.0016
7	7.0000	7.9999	893	0.0016	1804	0.0032
8	8.0000	8.9999	0	0.0000	1804	0.0032
9	9.0000	9.9999	0	0.0000	1804	0.0032
10	10.0000	10.9999	0	0.0000	1804	0.0032
11	11.0000	11.9999	0	0.0000	1804	0.0032
12	12.0000	12.9999	0	0.0000	1804	0.0032
13	13.0000	13.9999	19	0.0000	1823	0.0032

Histograma Numérico



Histograma Gráfico

En el ejemplo anterior, puede observarse, la información que tiene la imagen. La estrechez del histograma, se manifestará en poco contraste en los valores de gris de la imagen.

Coeficiente de correlación

El coeficiente de correlación es una medida de la relación existente entre los valores de pixeles existentes entre dos bandas. El intervalo de valores que adopta es:

$-1 < r < 1$

CORRECCIONES

Existen numerosos factores que introducen errores en la imagen. Se pueden agrupar en dos grupos, según su condición: geométricos o radiométricos.

El primer grupo es debido a anomalías propias de la plataforma, por ejemplo, cambios de altitud u orientación orbital, que genera errores en la geometría resultante de la imagen, traslado de datos de una superficie esférica a un plano, etc. También el sensor, puede ser causa de errores geométricos, por ejemplo, distorsión por ángulo de barrido, mala calibración de detectores, etc.

Los errores radiométricos, en cambio, son producto de las condiciones externas que afectan la adquisición de la información, por ejemplo, la interferencia atmosférica.

MEJORAMIENTO DE IMÁGENES

Mejorar una imagen, consiste en ejecutar un procesamiento numérico para realzar, enfatizar o suprimir, ciertas características de la misma. Por ejemplo, puede desearse un mayor contraste entre los objetos que integran la imagen, necesitar poner énfasis en los límites de distintas coberturas vegetales, etc.

Mejoramiento del contraste

Este procedimiento, consiste en realzar el contraste visual de la imagen. Esto significa que si tenemos una imagen con histograma estrecho, se busca ensancharlo.

Esto se logra, mediante la aplicación de funciones de transformación, que pueden ser:

- expansión lineal del histograma
- ecualización, donde se busca una distribución más uniforme de los valores de pixeles de la imagen.

Segmentación

Esta técnica, permite una primera interpretación de la imagen, lo que trae como consecuencia la obtención de un primer mapa temático.

Consiste en establecer rangos en el histograma y asignarles un color a todos los pixeles correspondientes a ese rango.

Filtraje o convolución

Un filtro espacial, tiene como función, transformar el valor del pixel, para un fin determinado, teniendo en cuenta los valores de los pixeles vecinos al mismo.

Para ello, se coloca sobre el pixel y su entorno, una matriz de coeficientes y se calcula su nuevo valor. Los tipos de filtros, son:

- Suavización: Suavizan o reducen los valores de grises. Sirve para resaltar zonas homogéneas. Son denominados pasa bajo.
- Mejoramiento: Realzan detalles geométricos y altas frecuencias. Definen contornos. Son denominados pasa alto
- Detección de bordes: Resaltan cambios fuertes en los valores de pixeles. Enfatizan bordes.
- Detección de líneas: Resaltan cambios geométricos en una dirección determinada.

Operaciones entre bandas

Son procesos aplicados a las imágenes, mediante los cuales, obtenemos imágenes resultantes de realizar operaciones matemáticas pixeles a pixeles entre los distintos valores en las distintas bandas.

El resultado es una nueva banda con el mismo tamaño y estructura de la imagen original, pero con sus valores que no responden ya, a la radiancia obtenida por el sensor sino a los provenientes de la operación aplicada.

Una de las operaciones más utilizadas son los denominados índices. El más conocido es el de vegetación, pero existen otro para detección de suelos desnudos (en infrarrojo medio y cercano).

Índice de vegetación

El notable contraste de reflectividad en la vegetación sana que existe entre la zona del infrarrojo cercano y la zona del rojo, es el fundamento que permite determinar el índice de vegetación.

El índice de vegetación, es un valor que se obtiene de aplicar operaciones entre dos bandas, según se observa en la fórmula, y que permite obtener una probabilidad de encontrar vegetación en la imagen.

$$Iv = \frac{B_{ir} - B_r}{B_{ir} + B_r} \qquad 0 < Iv < 1$$

donde:

B_{ir} = valor del pixel en la banda infrarroja

B_r = valor del pixel en banda visible rojo

Iv = 0 indica escasa probabilidad de encontrar vegetación

Iv = 1 indica mucha probabilidad de encontrar vegetación

Composición a color

Es un proceso mediante el cual, se asigna a tres bandas de una imagen, uno de los colores primarios del monitor R G B de manera tal, que se los superpone y se visualizan simultáneamente las tres bandas en pantalla. Cada valor de pixel, en cada banda, intervendrá con el porcentaje que le corresponde por su reflectancia original.

Una de las composiciones en color más utilizadas es la denominada Composición Falso Color Standard, que se obtiene desplazando la representación de las bandas hacia el infrarrojo. Es decir, a la banda del verde, se le asigna el color azul, a la banda del rojo, se le asigna el color verde y a la banda del infrarrojo se le asigna el color rojo.

EXTRACCIÓN DE INFORMACIÓN

CLASIFICACION DE IMÁGENES MULTIESPECTRALES

Una de las grandes ventajas que posee el análisis de datos a través del procesamiento digital, es la de extraer información temática útil. Para ello, se recurre a la clasificación de imágenes.

La clasificación es un concepto del procesamiento digital de imágenes, que contempla los procedimientos mediante los cuales una computadora puede agrupar los pixeles de una imagen, en categorías o clases, dentro de un espacio multiespectral.

La clasificación digital, sigue un procedimiento similar a la fotointerpretación visual: se identifican primeramente las coberturas según tono, textura, forma, modelos, etc. Y luego se expande al resto de la fotografía el modelo o patrón determinado. Es decir, se asigna determinada categoría a determinada superficie en función del patrón establecido. Si se traduce esto a un análisis digital, se obtiene el esquema de la clasificación digital, que comprende las siguientes fases:

1- Definición digital de las categorías: fase de entrenamiento.

2- Asignación de los pixeles de toda la imagen a una de esas categorías: fase de asignación

3- Comprobación y verificación de resultados

4- Corrección de errores.

La fase de entrenamiento, es la que define digitalmente las categorías temáticas a efectos de que posteriormente, el software las reconozca automáticamente. Según se realice esta fase de entrenamiento, es que se dividen las clasificaciones en dos métodos: el supervisado y el no supervisado. En el primero, se parte de un conocimiento previo del terreno en cambio en el segundo, es el software quien delimita las clases, en función de su homogeneidad.

CLASIFICACIÓN SUPERVISADA

En este método, se conoce " a priori" la identidad y localización de algunos tipos de elementos a ser clasificados. Por ejemplo, cobertura de bosques, aspectos urbanos, etc. Esto significa, trabajo de campo, o análisis a través de cartas, fotografías aéreas, experiencias personales, etc.

Los sitios específicos elegidos y conocidos, que representan ejemplos homogéneos, son conocidos como "áreas de entrenamiento" puesto que las características espectrales del mismo, servirán para "entrenar" el algoritmo de clasificación.

Para cada área de entrenamiento, se calculan los parámetros estadísticos (media, desviación standart, covarianza, etc), para luego evaluar cada pixel de la imagen, separarlo y asignarlo a una respectiva clase.

Aspectos principales a tener en cuenta:

1- Adoptar un esquema de clasificación ordenado.

2- Seleccionar áreas de entrenamiento.

3- Extraer estadísticas de los datos espectrales del área de entrenamiento.

4- Analizar las estadísticas para seleccionar los datos que ofrezcan mayor ventaja (bandas) en el proceso de clasificación.

5- Seleccionar el algoritmo de clasificación adecuado:

<u>Paralelepípedos</u>: realiza clasificaciones supervisadas de imágenes de satélite mediante la técnica de paralelepípedos, a partir de la información contenida en una serie de archivos de firmas espectrales. Se basa en una serie de umbrales bajos y altos de reflectividad para cada categoría en cada banda, determinadas por la firma espectral. Para asignar un píxel a una clase determinada, éste debe poseer valores de reflectividad dentro del rango de la categoría en cuestión en cada banda considerada. El proceso de paralelepípedos es el más rápido de los clasificadores supervisados. También, potencialmente, el menos preciso

Mínima Distancia: La clasificación de Mínima Distancia a las Medias se basa en la reflectividad media en cada banda para una firma espectral. Los píxeles se asignan a la clase con la media más próxima a su valor. Es más lento que el clasificador de paralelepípedos, y más rápido que el clasificador de máxima probabilidad. Se utiliza, generalmente, cuando el número de píxeles que define las firmas espectrales es muy pequeño o cuando los campos de entrenamiento no están bien definidos.

Máxima verosimilitud: realiza la clasificación por Máxima Probabilidad, a partir de la información contenida en una serie de archivos de firmas espectrales. Se basa en la función de densidad de probabilidad asociada a la firma de un determinado campo de entrenamiento. Los píxeles se asignan a la clase más probable, tras comparar la probabilidad de que cada píxel pertenezca a cada una de las signaturas consideradas.

6- Clasificar la imagen en n clases.

7- Evaluar estadísticamente la clasificación.

8- Comprobación "in situ" de los resultados de la clasificación o corroboración.

9- Corrección de errores

CLASIFICACIÓN NO SUPERVISADA

Este método, se utiliza cuando no se conocen las características del terreno, o cobertura "a priori", o bien, porque las características espectrales de la superficie no están claramente definidas en la imagen.

Aquí, el método consiste en orientar a la computadora para que agrupe automáticamente los pixeles en distintas clases de acuerdo con un cierto criterio estadístico.

La ventaja que tiene, es que al no seleccionar un área de entrenamiento teóricamente "homogénea", como en la supervisada, el agrupamiento determina tipos "puros" de cobertura y por consiguiente, se obtiene una representación más cercana de los agrupamientos espectrales naturales de una zona.

La desventaja, es que pueden obtenerse agrupaciones de las cuales, no se conozca el significado y además, la gran cantidad de datos que se manejan.

Aspectos principales a tener en cuenta:

1- Visualizar la imagen: es decir, la representación pictórica de los datos sin analizar. Luego:

a- Valorar los datos y su calidad.

b- Determinar el porcentaje y cobertura de nubes.

c- Seleccionar ventanas (áreas de la imagen a trabajar)

d- Seleccionar muestras representativas dentro de un área de interés para determinar clases espectrales que se usarán en el entrenamiento al clasificador.

2- Definir clases espectrales o entrenamiento: Proceso mediante el cual se instruye a la computadora sobre cómo y cuando tomar ciertas decisiones. Se basa en parámetros estadísticos y algoritmos de agrupamiento.

3- Clasificar el área de estudio: El clasificador es un algoritmo que toma decisiones para asignar o no, un pixel a determinada clase. En esta etapa, la computadora realiza prácticamente sola el trabajo.

4- Representación pictórica y tabular de la clasificación:

a- Productos gráficos.

b- Tablas estadísticas.

c- Análisis de datos digitales.

5- Evaluación de resultados: Es necesario determinar la exactitud y confiabilidad. El análisis numérico evalúa cuantitativamente el grado de exactitud de una clasificación multiespectral.

Un método no supervisado, puede ser un excelente paso previo para encarar un trabajo de campo que concluye en una clasificación supervisada.

CLASIFICACIÓN HÍBRIDA

Es factible utilizar las clasificaciones supervisadas y no supervisadas en forma simultánea. Este tipo de clasificación. Se denomina Clasificación híbrida.

El método recurre a la asociación de los algoritmos no supervisados y supervisados en el procesamiento de la imagen. Es especialmente recomendado para obtener clasificación de un grado mayor de detalle. Tiene dependencia del conocimiento a priori que existe de la zona. En una primera instancia, se procede a una clasificación no supervisada, obteniéndose grupos primarios a los que se los somete a una nueva clasificación, pero esta vez supervisada, basándose en el conocimiento de campo.

Eastman Ronald. IDRISI para Windows, Guía del Usuario. Versión 2.0. J.. Clark University. 1997. USA

Chuvieco Emilio. Fundamentos de Teledetección Espacial. 1990. Madrid. España.

Bosque, J., Escobar, F., García, E., Salado, M. Sistemas de Información Geográfica: Prácticas con PC ARC/INFO e IDRISI.1994. Madrid. España.

Delgado Assad, E y Sano, E. Sistemas de Informacoes Geográficas. Aplicacoes na Agricultura. EMBRAPA. 1998.

http://www.aeroterra.com

http://www.spot.com

http://www.digitalglobe.com

http://landsat.gsfc.nasa.gov