



PROYECTO FDI C802 XD-05
CARTA BASE REGIÓN DE COQUIMBO
CARTOGRAFÍA DIGITAL



UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA

FOTOGRAMETRÍA DIGITAL

TEMAS:

- I INTRODUCCIÓN A LA FOTOGRAMETRÍA DIGITAL**
- II SISTEMAS FOTOGRAMÉTRICOS DIGITALES**
- III SISTEMAS DE ADQUISICIÓN DE IMÁGENES DIGITALES**

EDITÓ
ÁREA ORTOFOTOS, CIREN
FUENTE: *fotogrametría digital 01-02-03.pdf*, 2002.09
2003, mayo



Asignatura: **FOTOGRAMETRÍA DIGITAL**
Tema: **I** Introducción a la Fotogrametría Digital

Aurora Cuartero Sáez
Área de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y
Fotogrametría
Universidad de Extremadura
2001/2001

Resumen del documento X

Archivo: D:\PERSONAL\...\Fotogrametría digital 01.pdf

Título: Fichas Tema_01

Asunto: Asignatura: S.I.G.

Autor: Angel M. Felicesimo

Palabras clave:

Encuadernación: Borde izquierdo

Creador: Microsoft Word 9.0

Producido en: Acrobat Distiller 4.0 for Windows

Creado el: 29/10/2001 20:34:29

Modificado el: 29/10/2001 20:40:49

Tamaño del archivo: 70.9 KB (72.573 bytes)

Seguridad: 40 bits RC4 (Acrobat 3.x, 4.x)

Versión PDF: 1.2 (Acrobat 3.x) Vista rápida en Web: Sí

Tamaño de página: 209,9 mm x 297,04 mm PDF marcado: No

Número de páginas: 9

Índice

ÍNDICE	2
DEFINICIONES: FOTOGRAMETRÍA Y FOTOGRAMETRÍA DIGITAL	3
¿QUÉ MATERIAS SE RELACIONAN CON LA F. DIGITAL?	4
VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LA F. DIGITAL	5
BREVE RECORRIDO HISTÓRICO (<i>DESARROLLO CONCEPTUAL</i>)	6
BREVE RECORRIDO HISTÓRICO (<i>PRIMEROS LOGROS</i>)	7
TENDENCIA	8
PARA SABER MÁS	9

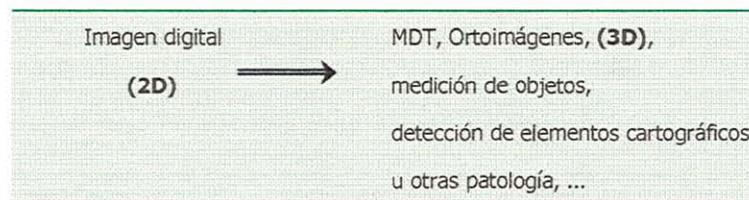
Definiciones: Fotogrametría y Fotogrametría Digital

Definiciones

La definición que dio **H. Bonneval** de la **Fotogrametría**: "... técnica para estudiar y definir con precisión la forma, dimensiones y posición en el espacio de un objeto cualquiera, utilizando medidas realizadas sobre una o varias fotografías..."

La ASPRS, Sociedad Americana de Fotogrametría y Teledetección, definen a la **Fotogrametría**, en su terminología más amplia, quedando reflejada en el "Manual of Photogrammetry" como, "el arte, ciencia y tecnología de obtener información fidedigna de los objetos físicos y del medio ambiente mediante procesos de registro, medición e interpretación de imágenes fotográficas y de modelos de energía radiante electromagnética y otros fenómenos". Esta definición, incorpora la información espectral y radiométrica que la imagen digital posibilita. La frontera con las técnicas y metodologías que utiliza la teledetección ha sido superada, pudiéndose hablar hoy de manera general de análisis de imagen.

La **Fotogrametría Digital** es una tecnología basada en la medición sobre imágenes digitales, 2D, para conseguir geometrías, radiometrías e información semántica de áreas u objetos, en 2D y/o 3D.



¿Qué materias se relacionan con la F. Digital?

La fotogrametría se encuentra hoy en día totalmente ligada a otras disciplinas y entornos. Principalmente se destacan las siguientes materias:

Fotogrametría Analítica

La fotogrametría Analítica desarrolla la producción cartográfica a partir de mediciones sobre los fotogramas, en formato analógico, mediante técnicas computacionales. Podemos resaltar principalmente las **grandes precisiones** que se consiguen a través de estas técnicas.

Fotogrametría Terrestre

La fotogrametría terrestre es la parte de la fotogrametría dedicada a los **objetos cercanos**; y con la principal características que las tomas fotográficas son realizadas desde tierra. Actualmente su fundamental interés es en aplicaciones de conservación del patrimonio histórico (arquitectónico, arqueológico) y densificación de controles geodésicos y topográficos.

Teledetección

La Teledetección es la ciencia que comprende la detección, identificación, clasificación, y análisis de rasgos, cuerpos y fenómenos que ocurren en la superficie Terrestre mediante el examen de **imágenes digitales adquiridas desde sensores remotos**, usando técnicas tanto de interpretación visual como de análisis visual. <http://www.cienciadigital.net/mayo2001/teledeteccion.html>

Tratamiento de Imágenes Digitales

El tratamiento de imágenes digitales son **un conjunto de técnicas** capaces de procesar los datos digitales y cuyo principal objetivo es realzar la información de las imágenes para optimizar la interpretación y análisis humano. Entre estas técnicas se estudia los métodos de almacenamiento, transformaciones, mejoras y restauración, compresión, segmentación, morfología de la imágenes digitales.

Sistemas de Información Geográfica

Los **Sistemas de Información Geográfica** tratan información procedentes de distintas fuentes pudiendo ser algunas de ellas los productos generados en Fotogrametría Digital, (MDE, MDT, y Ortoimágenes).

Ventajas e Inconvenientes de la F. Digital

Ventajas

- **Estabilidad dimensional** de las imágenes digitales (no les afecta el medioambiente, no hay una manipulación directa,...) y **estabilidad en el sistema de medida** ya que necesita calibración.
- **Visualización**: No hay requerimientos ópticos/mecánicos. Las imágenes pueden ser visualizadas y medidas mediante ordenadores con mecanismos estándar.
- **Tratamiento de las imágenes**: Se puede aplicar realce de la imagen (ajustar niveles de brillo y contraste,...) para optimizar la visualización.
- Las imágenes digitales pueden ser transmitidas de forma sencilla y rápida a través de redes, incluso es posible que **varios operadores** trabajen de forma secuencial sobre un mismo fotograma.
- **Automatismos** en los distintos procesos fotogramétricos
- Los productos derivados son también obtenidos en **formato digital**.

Inconvenientes

- Necesidad de disponer de un elevado volumen de **almacenamiento**
- Es una técnica muy reciente y por tanto es **inmadura**.

Breve recorrido histórico (*desarrollo conceptual*)

1955 a 1981 Desarrollo Conceptual

- **1955 Rosenberg**

"La Teoría de la información es una guía y ayuda en el estudio, evaluación y desarrollo de los métodos e instrumentos fotogramétricos, topográficos y cartográficos para la automatización electrónica de la elaboración de mapas"

- **1958, Helava**, inventor del restituidor Analítico, describe las ventajas de estos restituidores con respecto a los analógicos. –
- **1965, Sharp**, describe el "Digital Automatic Map Compilation" (**DAMC**), sistema de compilación digital automatizados de mapas, para el trazado de mapas topográficos y producción de Ortofotos desde imágenes digitalizadas.
- **1978, Paton**, plantea algoritmos inteligentes de: extracción de MDE, análisis de textura, extracción de elementos,...
- **1981, Sarjakoski**, describe el primer restituidor digital .

Breve recorrido histórico (*Primeros Logros*)

1982 a 1988 Primeros logros

- **1982, Case**, presenta el diseño de un prototipo de un sistema fotogramétrico digital, "Digital Stereo Comparatos/Compiler (DSCC)"
- **1984**, Congreso en Rio de Janeiro de **ISPRS** donde se presenta un sistema de procesamiento digital de imágenes adaptado , presentando cambios en el hardware, la estereovisión y las posibilidades de control de 3D.
- **1986, Gagan y Dowman** exponen las cuatro características fundamentales para un Sistema Fotogramétrico Digital:
 - ✓ Digitalización en tiempo real del modelo 3D
 - ✓ La visión estereoscópica
 - ✓ La posibilidad de manejar grandes volúmenes de imágenes
 - ✓ La precisión de medidas submilimétricas.
- **1988**, Congreso de ISPRS en Kyoto, se presenta la **primera estación estereofotogramétrica digital comercial**, KERN DSP1.
- **1988, Helava**

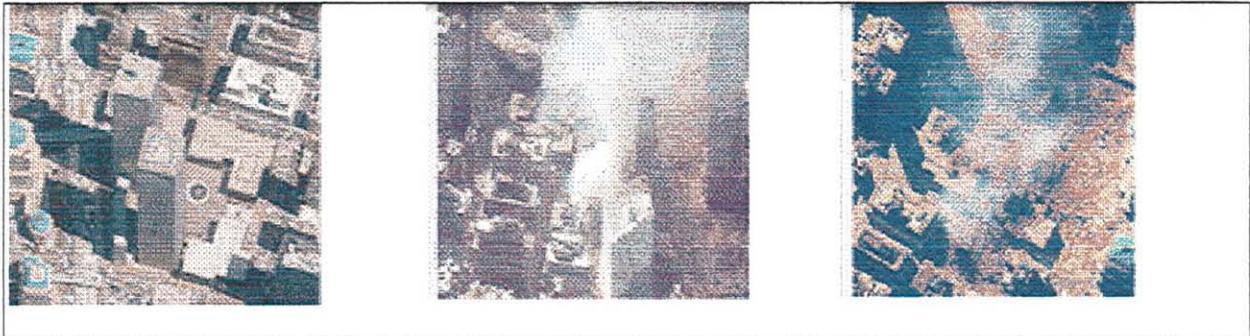
"La interacción humana implica subjetividad y es una antitesis para la eficacia a la vez que requiere un aumento del coste para el interface usuario"

Tendencia

Con la aplicación de la fotogrametría digital, las posibilidades de explotación de las imágenes se amplían y se simplifican permitiendo, por ejemplo, la generación automática de modelos digitales del terreno (MDT), de ortoimágenes, la generación y visualización de fotomodelos tridimensionales, la extracción automática de entidades y elementos cartográficos (carreteras, edificios, ...), la captura y visualización de fenómenos dinámicos, etc.

Ejemplo:

(11 de Septiembre 2001)



Para saber más

Libros y Apuntes

Delgado, J. Apuntes de la U. de Jaén. (1999)

González, Rafael; Woods, Richard *Tratamiento Digital de imágenes*. Wilmington, Delaware, EUA: Addison-Wesley Iberoamericana, S.A. 1996. (ISBN:0-201-62576-8)

Kraus, K; "Photogrammetry", Vol. I. Köln: Dümmler. 2000. (ISBN: 3-427-78684-6)

Kraus, K; "Photogrammetry", Vol .II. Bonn: Dümmler. 2000. (ISBN: 3-427-78694-3)

Skech, Tony; "Digital Photogrammetry" Vol. I. Laurelville (USA):TerraScience. 1999 (ISBN: 0-9677653-0-7)

Revistas

MAPPING; <http://www.mappinginteractivo.com/>

ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing

PE&RS Photogrammetric Engineering and Remote Sensing

Asociaciones

(ASPRS) *La American Society for Photogrammetry and Remote Sensing* <http://www.us.net/asprs/>

(ISPRS) Asociación Internacional de Fotogrametría y Teledetección <http://www.isprs.org/>



Asignatura:

FOTOGRAMETRÍA DIGITAL
II Sistemas Fotogramétricos Digitales

Tema:

Aurora Cuartero Sáez
Área de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y
Fotogrametría
Universidad de Extremadura
2001/2001

Índice

<u>ÍNDICE</u>	<u>2</u>
<u>DEFINICIONES: SISTEMAS Y ESTACIONES FOTOGAMÉTRICAS DIGITALES (SFD Y EFD)</u>	<u>3</u>
<u>ELEMENTOS QUE COMPONEN UN SISTEMA FOTOGAMÉTRICO</u>	<u>4</u>
<u>VISIÓN ESTEREOSCÓPICA</u>	<u>5</u>
<u>SISTEMAS DE VISIÓN ESTEREOSCÓPICA</u>	<u>6</u>
<u>VISIÓN ESTEREOSCÓPICA EN F. DIGITAL</u>	<u>7</u>
<u>FLUJO DE TRABAJO EN LOS SFDS</u>	<u>8</u>
<u>FUNCIONES DE UNA SFD</u>	<u>9</u>
<u>CLASIFICACIÓN DE LAS ESTACIONES FOTOGAMÉTRICAS DIGITALES</u>	<u>10</u>
<u>EJEMPLOS DE RESTITUIDORES</u>	<u>10</u>
<u>PRECISIONES EN ESTACIONES FOTOGAMÉTRICAS DIGITALES</u>	<u>11</u>
<u>EJEMPLOS DE RESTITUIDORES FOTOGAMÉTRICOS DIGITALES</u>	<u>12</u>
<u>PARA SABER MÁS</u>	<u>13</u>

Definiciones: Sistemas y Estaciones Fotogramétricas Digitales (SFD y EFD)

Definiciones

Sistema Fotogramétrico Digital (SFD)

Digital Photogrametric Systems DPS

"conjunto de hardware y software cuyo objetivo es la generación de productos fotogramétricos a partir de imágenes digitales mediante técnicas manuales y automatizadas" (1988, ISPRS)

Estación Fotogramétrica Digital (EFD)

Digital Photogrametric WorkStation DPWS

La Estación Fotogramétrica Digital, o también llamado "Restituidor Digital", es el elemento fundamental del Sistema Fotogramétrico Digital.

SISTEMA FOTOGRAMETRICO DIGITAL

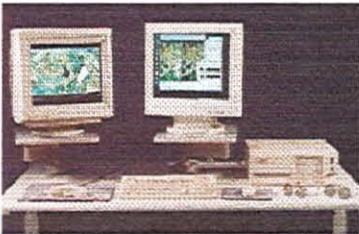


Elementos que componen un Sistema Fotogramétrico

Un Sistema Fotogramétrico Digital para aplicaciones cartográficas debe tener los siguientes elementos:

- ✓ Elementos de **captura o conversión** de imágenes en formato digital.
- ✓ Sistema de entrada de datos en formato digital.

Estación Fotogramétrica Digital



- ✓ Una unidad de proceso central rápida y con suficiente memoria RAM
 - ✓ Un sistema gráfico de color real con una velocidad de transferencia alta, para posibilitar la realización de trabajos en tiempo real.
 - ✓ Uno o varios monitores color de alta resolución
 - ✓ Arquitectura con una velocidad alta en la transferencia de datos
 - ✓ Dispositivo de almacenamiento de datos con gran capacidad.
 - ✓ **Sistema de medida** 3D de las imágenes digitales
 - ✓ **Sistema de visión estereoscópica**
-
- ✓ Impresora y trazador gráfico para la edición de los resultados

Visión estereoscópica

El principal problema en la visión estereoscópica es la forma de observar las fotografías, de manera que cada ojo vea solamente la imagen que le corresponde.

Los visores o estereoscópios permiten una visión casi perfecta pero individual.

Los sistemas empleados en la proyección de películas y diapositivas permiten ver imágenes tridimensionales a un grupo numeroso de personas, pero les obliga a portar gafas especiales.

Existen sistemas de visión libre, como el lenticular, que permiten ver fotografías en papel, pero su calidad no es demasiado buena.

La **visión estereoscópica** requiere la separación de las dos imágenes del par estereoscópico, cada ojo debe ver solamente la imagen que le corresponde. Actualmente se dispone de medios técnicos suficientes para **presentar imágenes 3D** de gran calidad. En función de cómo se realice esta separación surgen los distintos mecanismos para conseguir la visión estereoscópica.

Tipos de visión estereoscópica

Los sistemas de visión estereoscópica se pueden dividir en tres grupos en función de cómo se realice la separación de las imágenes para conseguir la visión estereoscópica:

- **Separación temporal:** edición alternativa de las imágenes.
- **Separación radiométrica:** polarización
- **Separación espacial:** con estereoscopos; o en caso de las fotogrametría digital separa las imágenes dividiendo la pantalla para cada una de las imágenes.

Sistemas de visión estereoscópica

VISION LIBRE PARALELA

Los ojos observan cada uno su imagen correspondiente, manteniendo sus ejes ópticos paralelos, es decir, como si mirásemos al infinito. Sólo puede usarse este método con imágenes no superiores a 65 milímetros entre sus centros. Es el método usado para ver las imágenes de los libros con estereogramas de puntos aleatorios ("ojo mágico").

VISION LIBRE CRUZADA

Las imágenes se observan cruzando los ejes ópticos de los ojos. El par estéreo se presenta invertido, es decir, la imagen derecha está situada a la izquierda y viceversa. Podemos ayudarnos mirando un lápiz situado entre nuestros ojos y las imágenes. Este método debe usarse con imágenes de dimensiones superiores a 65 milímetros entre sus centros, aunque la imagen virtual aparece más pequeña.

ANAGLIFO

Se utilizan filtros de colores complementarios, como rojo y azul o rojo y verde. La imagen presentada por ejemplo en rojo no es vista por el ojo que tiene un filtro del mismo color, pero sí que ve la otra imagen en azul o verde. Este sistema, por su bajo costo, se emplea sobre todo en publicaciones, así como también en monitores de ordenador y en el cine. Presenta el problema de la alteración de los colores, pérdida de luminosidad y cansancio visual después de un uso prolongado. Normalmente se sitúa el filtro rojo en el ojo izquierdo, y el azul en el ojo derecho.

POLARIZACIÓN

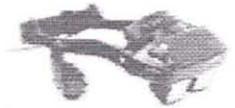
Se utiliza luz polarizada para separar las imágenes izquierda y derecha. El sistema de polarización no altera los colores, aunque hay una cierta pérdida de luminosidad. Se usa tanto en proyección de cine 3D como en monitores de ordenador mediante pantallas de polarización alternativa. Hoy día es el sistema más económico para una calidad de imagen aceptable.

ALTERNATIVO

Con este sistema se presentan en secuencia y alternativamente las imágenes izquierda y derecha, sincronizadamente con unas gafas dotadas con obturadores de cristal líquido (denominadas **LCS**, Liquid Crystal Shutter glasses o **LCD**, Liquid Crystal Display glasses), de forma que cada ojo ve solamente su imagen correspondiente. A una frecuencia elevada, el parpadeo es imperceptible. Se utiliza en monitores de ordenador, TV y cines 3D de última generación.

HEADMOUNTED DISPLAY (HMD)

Un HMD es un casco estereoscópico que porta dos pantallas y los sistemas ópticos para cada ojo, de forma que la imagen se genera en el propio dispositivo. Su principal uso hasta ahora ha sido la Realidad Virtual, a un costo prohibitivo y de forma experimental, aunque al bajar de precio aparecen otras aplicaciones lúdicas, como los videojuegos.

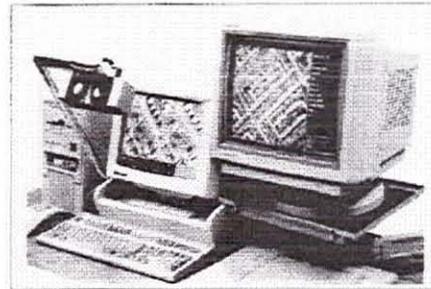


Visión estereoscópica en F. Digital

En fotogrametría Digital los sistemas de visión estereoscópica más comunes son:

División de pantalla: sistema similar a un estereoscopio de espejos, pero la separación se realiza sobre uno de los monitores.

Sistema DVD de Leica



Polarización con gafas activas: la pantalla de polarización en vez de ser en el monitor es en la propia gafa, y la sincronización con el sistema es mediante rayos infrarrojos.

Polarización con gafas pasivas: las imágenes se muestran en la pantalla de forma alternativa, un modulador de cristal líquido del mismo tamaño que la pantalla sincronizado con el hardware gráfico proporciona la polarización diferente de las imágenes en cada ojo.



Flujo de trabajo en los SFDs



Funciones de una SFD

Las funciones que debe realizar un Sistema Fotogramétrico Digital deben ser:

- **Entrada de datos:** adquisición de imágenes, bien de forma directa (cámaras digitales) o indirecta por conversión de formato analógico a formato digital (escáneres).
- Capacidad alta de **almacenamiento** de los datos.
- **Sistema de visualización** tanto en modo mono como estereoscópico.
- Posibilidad de **tratamiento de las imágenes** de gran tamaño con tiempos razonables.
- **Sistema de medición** sobre la imagen, valores de las coordenadas de los píxeles y de los valores de grises.
- **Identificación de puntos** homólogos semi y automáticamente.
- **Orientaciones.**
- **Restitución**, generación de curvas de nivel y gráficos vectoriales.
- **Generación de curvas de nivel automáticamente.**
- Generación de **Modelos Digitales de Elevaciones** (MDE).
- Generación de **Ortofotos.**
- Generación de **Mosaicos.**
- **Visualizaciones**, perfiles, perspectivas, modelos en modo alambre, con texturas,
- **Control de calidad**, comprobación de los productos generados.
- Interfaz con SIG con superposición de imágenes (2D-3D) y de elementos gráficos.
- **Edición** de los datos.

Clasificación de las Estaciones Fotogramétricas Digitales

Las Estaciones Fotogramétricas Digitales pueden clasificarse en cinco tipos en función de los productos que se quiera obtener de ellas:

Estación Estéreo: la restitución -> v. estereoscópica

Sistemas de alto rendimiento: generación de todo un abanico de productos fotogramétricos (aereotriangulación, orto, MDT, ...)

Sistemas de bajo rendimiento: funcionalidad más limitada, pero más económicos.

Estación Mono:

Extracción de información planimétrica a partir de ortoimágenes en formato digital, utilizándose como información auxiliar el MDT. Se obtiene información 3D sin v. estereoscópica.

Estación de Aereotriangulación:

Obtención de parámetros de Orientación Externa mediante la medida de coordenadas de puntos homólogos en diferentes imágenes; y la realización de ajustes de bloques.

Estaciones para la obtención de MDT:

Extracción de MDT a partir de imágenes estereoscópicas generalmente de forma automatizada.

Precisiones en Estaciones Fotogramétricas Digitales

Las **precisiones** de cualquier Sistema Fotogramétrico Digital dependen de: la **resolución espacial** de la imagen.

Nolette et al. (1992), tras diferentes análisis sobre modelos a diversas escalas, establece unas precisiones altimétricas y planimétricas, con las siguientes expresiones:

$$\sigma_{x,y} = N * P * 0,7 * 10E^{-6}$$

$$\sigma_z = N * P * \frac{f}{B} * 0.5 * 10E^{-6}$$

N: denominador de la escala

P: Tamaño del píxel en μm .

f: distancia focal

B: Fotobase

Se ha establecido como límite práctico en cuanto a la **precisión del posado vertical**: $\frac{1}{2}$ del tamaño del píxel

Ejemplos de Restituidores Fotogramétricos Digitales

Vamos a comentar algunos de los más importantes equipos que actualmente encontramos en el mercado, sería muy complicado hacer un catálogo exhaustivo ya que cada vez aparecen más oferta de equipos, y el abanico de posibilidades es cada vez mayor.

DPW600/ DPW700 de Leica Helava

(http://www.lh-systems.com/products/socet_set.html)

Imagestation TM Z de Intergraph

(<http://www.ziimaging.com/>)

Softplotter TM de Autometric

(www.autometric.com)

PHODIS ST de Zeiss

DIGITUS de DAT-EM International

PRI²SM de International Imageing Systems.

DIAP (Digital Analitic Plotter) de ISM.

(www-DGR-PHOT Present Status of the DVP System)

PhoTopol de Topol Software s.r.o.

(<http://www.topol.cz>)

DVD (Digital Video Plotter) de Leica

Para saber más

Libros

Kraus, K; "Photogrammetry", Vol. I. Köln: Dümmler. 2000. (ISBN: 3-427-78684-6)

Kraus, K; "Photogrammetry", Vol .II. Bonn: Dümmler. 2000. (ISBN: 3-427-78694-3)

Skech, Tony; "Digital Photogrammetry" Vol. I. Laurelville (USA):TerraScience. 1999 (ISBN: 0-9677653-0-7)

Cliff Greve; "Digital Photogrammetry. An Addendum to the manual of Photogrammetry". Capitulo 10: "Softcopy Photogrammetric Workstation", ASPRS. 1996. (ISBN: 1-57083-037-1)

Revistas

MAPPING; <http://www.mappinginteractivo.com/>

ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing

PE&RS Photogrammetric Engineering and Remote Sensing



Asignatura:

FOTOGRAMETRÍA DIGITAL

Tema:

III Sistemas de adquisición de
imágenes digitales

Aurora Cuartero Sáez
Área de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y
Fotogrametría
Universidad de Extremadura
2001/2001

Índice

ÍNDICE	2
INTRODUCCIÓN	3
CONCEPTOS BÁSICOS	4
CONCEPTO DE SENSORES	7
TAXONOMÍA DE SENSORES.....	8
GEOMETRÍA Y PROPIEDADES DE LOS SENSORES ELECTRO-ÓPTICOS.....	9
SISTEMAS ESPACIALES	11
SISTEMAS ESPACIALES DE CAPTACIÓN DE IMÁGENES ESTEREOSCÓPICAS.....	12
SISTEMA SPOT	13
SISTEMA LANDSAT	15
SISTEMA ERS.....	17
IKONOS	19
CÁMARAS CCD.....	20
VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LAS CÁMARAS CCD	21
CÁMARAS CCD COMERCIALES.....	22
ESCANERES	23
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE UN ESCÁNER.....	24
CALIBRACIÓN DE UN ESCÁNER.....	25
ESCANERES FOTOGRAMÉTRICOS COMERCIALES.....	26
PARA SABER MÁS	27

Introducción

En Fotogrametría Digital podemos obtener las imágenes digitales básicamente por dos caminos:

Forma directa: a partir de sensores, bien sensores digitales o sensores analógicos con conversor analógico/ digital.

- Aplicaciones: _ No topográfico (cámaras de vídeo, cámaras digitales)
_ Teledetección (imágenes obtenidas desde satélites)

Forma indirecta: a través de la digitalización de imágenes mediante un Escáner Fotogramétrico

En la actualidad, la utilización de **cámaras de vídeo o cámaras digitales** está limitada a aplicaciones de tipo no topográfico, permitiendo la realización de trabajos fotogramétricos en tiempo real.

Las aplicaciones topográficas a partir de imágenes obtenidas **directamente** en **formato digital** se limitan a la utilización de imágenes satélite que incorporan posibilidades estereoscópicas (por ejemplo, SPOT)

En un futuro, se prevé la comercialización de **sensores digitales aerotransportados** diseñados para su utilización en trabajos cartográficos fotogramétricos (Ejemplos: ADS40 de LH Systems, DMC2001 Z Imaging,).

Conceptos Básicos

Cámaras métricas analógicas

suelen tener una distancia **focal de 152mm** y un formato de **230x230mm**, registrándose la imagen de una forma instantánea en la película fotográfica.

La resolución de una cámara se mide con un parámetro de la **resolución media ponderada por el área (AWAR** –area weighted average resolution-) que se expresa en líneas pares por mm (**lp/mm**). Este parámetro se establece mediante la calibración utilizando para ello la fotografía de patrones calibrados y depende de cinco factores esenciales:

- la calidad de la lente
- la definición de la película
- los desplazamientos en la imagen
- el desplazamiento angular
- la calidad de la película empleada para la copia

Cámara semimétrica terrestre Rolleiflex 6008



Krauss (1997) propone que para el cálculo de la **resolución de escaneo** sin pérdida de información en la conversión del formato analógico al digital, la siguiente expresión):

$$\Delta d \text{ (mm)} = 0,7 / (2 \times R)$$

Δd = la resolución de escaneo o tamaño del píxel

R = resolución de la película en lp/mm

Para el cálculo del volumen de una imagen digital hay que considerar que si la imagen es en **B/N** a 256 Nd **un píxel** equivale a **un byt** y **3 Bytes** si es en **color**.

Ejemplo: Una imagen de 23x23cm escaneada a **10 μ m** tendrá un tamaño de **23000x23000 píxeles** lo que resultaría un tamaño de fichero de la imagen digital de 500Mb (en 256 tonos de gris) o 1500Mb (en color real, 16.7 millones de colores).

ESCALA MAPA/ ESCALA FOTOGRAFIA

Ackermann (1990), establece la relación entre la **escala del mapa** y la **escala de la fotografía** mediante la siguiente relación:

$$m_f = c \sqrt{m_m}$$

m_f : modulo de la escala de la fotografía

c : constante

m_m : modulo de la escala del mapa

En fotografías aéreas $c = 200$ a 300
En imágenes espaciales $c = 1500$

TIPOS DE RESOLUCIONES

Resolución espacial: hace referencia a la mínima medida que podemos distinguir o apreciar sobre la imagen. Es decir el nivel de detalle que nos ofrece, generalmente se suele emplear el tamaño del elemento más básico de la imagen, **pixel**.

En los sensores electroópticos es el campo de visión instantáneo, *instantaneous field of view* **IFOV**, y se define como la sección angular (radianes) observada en un momento determinado.

En cámaras fotográficas convencionales este concepto de resolución media ponderada por área (Area weighted average resolution **AWAR**) es definido por líneas por mm, **lp/mm**.

Resolución espectral: indica el **número y anchura de bandas** espectrales que puede distinguir un sensor. Los sensores de menor resolución espectral corresponden a los sistemas fotográficos y al radar.

Resolución radiométrica: es la sensibilidad del sensor para discretizar las diferencias de radiación espectral recibida. En cualquiera de los distintos tipos sensores esta resolución será el **número máximo de niveles de grises**. Landsat-MSS (256); NOAA-AVHRR (1024).

Resolución temporal: periodicidad con la que se registran las imágenes. Meteosat: 30 minutos; LandSat 16 días; SPOT 26 días.

Los satélites de **órbita polar o heliosincrónica** (p. Ej. LANDSAT, SPO, ERS, NOAA) se sitúan en órbita ligeramente inclinada (unos pocos grados) respecto al eje de rotación terrestre y tienen como característica más relevante, que cruzan el ecuador siempre a la misma hora solar local. Esta configuración permite que al cabo de un cierto número de órbitas el satélite vuelva a sobrevolar un mismo punto de la Tierra a la misma hora solar local. Este periodo de repetición es lo que determina la resolución temporal del satélite.

Los satélites de **órbita geoestacionarios** (p. ej. METEOSAT) se colocan sobre una órbita ecuatorial, con una velocidad de traslación alrededor de la Tierra igual a la velocidad de rotación de ésta. De esta forma se logra que el satélite parezca anclado en el espacio sobre un mismo punto de la Tierra. La Frecuencia de emisión de datos e imágenes depende únicamente de la capacidad de los sistemas de retransmisión y captación, siendo independientes del movimiento del satélite.

Concepto de Sensores

Los sensores tipo **solid_state**, se fundamentan en la captación de imágenes por la conversión de los fotones en cargas eléctricas. El sensor está compuesto por un conjunto de elementos con capacidad de captar los elementos fotosensibles para su posterior medición, registro y almacenamiento

Para explicar el funcionamiento de un **sensor solid-state** se ha realizado una comparación muy ilustrativa empleada (Shortis y Beyer) que es asemejarlo a un conjunto de cubos que captan los fotones de luz. Cada cubo en la matriz se corresponde con un elemento fotosensible denominado **elemento del sensor**. Los cubos "cargados" de fotones de luz se transportan en una serie de cintas hasta una cinta transversal que ejerce de registro y en el que se miden los fotones captados.

Los sensores de captura de imágenes digitales están formados por un **sustrato semiconductor** que puede almacenar y transmitir carga eléctrica. El sustrato del semiconductor es **silicio** al que se han añadido una serie de impurezas con una capa superior de $0.1 \mu\text{m}$ de espesor de dióxido de silicio que actúa como aislante.

Los **sensores electroópticos** combinan una parte óptica, similar a los sistemas fotográficos, con un sistema de detección electrónica, con la gran ventaja que evita la dependencia de un formato analógico para la transmisión a distancia de las imágenes. Un sensor se compone básicamente de un sistema óptico, que focaliza los rayos electromagnéticos hacia el elemento fotosensible, una matriz de elementos sensibles y opcionalmente puede disponer de un sistema mecánico de barrido.

Otra clasificación de los sensores electroópticos (Pinson, 1986) sería en detectores cuánticos y detectores térmicos. Dentro de los primeros hace otra subclasificación, los fotoemisores y los fotoconductores. Los fotoemisores se basan en el efecto fotoeléctrico externo y son los utilizados en los fotomultiplicadores y en cámaras de TV, los fotoconductores se basan en el efecto fotoeléctrico interno y se utilizan en los sensores tipo **solid_state**.

Los sensores electroópticos más empleados son las cámara **CCD** y los **escáneres**.

Taxonomía de Sensores

Existen muchos tipos de sensores y por tanto muchos criterios a la hora de clasificarlos. Algunos de estos criterios de clasificación son los siguientes:

Fuente de emisión energética	Sensores Pasivos: son capaces de captar la energía reflejada o emitida por la superficie de observación. Dentro de este grupo se integran los sensores fotográficos, ópticos-electrónicos, de antena. Sensores Activos: los cuales disponen de su propia fuente de emisión energética y el sistema de captura es únicamente las longitudes de onda en el mismo rango que el sistema emisor (P. ej. sistemas de radar y láser)
Formato de salida de la imagen	Sensores Analógicos: son aquellos en los que el elemento fotosensible es una emulsión de una sustancia química que reacciona con la radiación de una determinada longitud de onda. Sensores Digitales: el elemento fotosensible es una sustancia que al recibir el impacto de determinados fotones genera una señal eléctrica que puede ser almacenada digitalmente.
Nº de bandas	Sensores Monoespectrales: integran para cada punto o píxel de la imagen toda la energía recibida dentro de un intervalo de longitudes de onda. Sensores Multiespectrales: para cada píxel son capaces de registrar separadamente los valores de radiación recibidos en distintas bandas de longitudes de onda.
Según la dimensión del área sensible (Formato de la imagen)	Sensores Matriciales: de tamaños de hasta 5000x5000; DMC2001 de ZI Imaging Sensores lineales: de 12.000 elementos, ADS40 de LH Systems. (SPOT; MOMS); lectores de códigos de barras, escáneres.

Geometría y Propiedades de los Sensores Electro-ópticos

Lectura del sensor y geometría de la superficie:

En las aplicaciones fotogramétricas es fundamental emplear sensores cuyos elementos de captación tengan una distribución uniforme y estén contenidos en una superficie plana.

- Geometría de los elementos del Sensor
- Planicidad de la superficie

Respuesta espectral: es la señal de salida para un flujo de entrada de un determinado diferencia de longitud de onda. La respuesta espectral depende de la estructura del fotoelemento y del tipo de sustrato que va a atravesar, en nuestro caso el sustrato semiconductor que emplean los sensores es **silicio** y **dióxido de silicio**.

Linealidad:

$$S = K q^v + d$$

El proceso es lineal cuando $v = 1$

S = señal de salida

q = carga generada

d = señal de oscuridad actual

K = constante de proporcionalidad

Ruido:

- **Ruido Fotónico:** producido en la integración de la carga y su transferencia, es la raíz cuadrada del nivel de la señal.
- **Ruido del circuito:** propios de los sistemas electrónicos. El ruido se produce generalmente en la incertidumbre de inicialización del contador del amplificador que multiplica el voltaje de salida de cada elemento en la señal de salida.

Relación Señal/Ruido:

es el cociente entre la señal y el ruido, se mide en db (decibelios)

S señal

σ_s desviación típica de la señal

$$SNR = 20 \log (s/ \sigma_s)$$

Rango Dinámico:

es la relación entre el pico de la señal y el nivel de ruido del sistema (60 –100 db)

PRNU (*photo response non uniformity*):

La falta de uniformidad en la respuesta radiométrica se refiere a las variaciones de la señal entre elementos del sensor, dado el mismo nivel y longitud de onda de la luz incidente. Se aconsejan la utilización de filtros de infrarrojo para reducirla.

Señales Falsas:

son debido a efectos sistemáticos originados en la mala fabricación del sensor o por deficiencias de la tecnología CCD. Los efectos más comunes son:

- *Oscuridad Actual*: debida a la carga remanente que toman los detectores aunque no exista iluminación.
- *Blooming*: cuando existe un exceso de carga y se produce un rebosamiento a los detectores vecinos.
- *Traps*: problemas debidos a la transferencia de carga
- *Blemishes*: defectos en el material que compone el sensor, como defectos cristalográficos en el silicio.

Sistemas Espaciales

- SPOT** El Sistema de Observación Terrestre del satélite SPOT fue diseñado por el **CNES** (Centro Nacional de Estudios Espaciales), en Francia, y desarrollado con la participación de Suecia y de Bélgica
- LANDSAT** Fue el primer programa de satélites de percepción remota para observación de los recursos terrestres, puesto en órbita. El programa **LANDSAT**, desarrollado por la National Aeronautics and Space Administration-**NASA**, fue originalmente denominado *Earth Resources Technology Satellite ERTS*.
- ERS** (*European Remote Sensing Satellite*), está considerado el primer satélite europeo de Teledetección, sin considerar los satélites de tipo meteorológico.
- NOAA** (*National Oceanic and Atmospheric Administration Satellite*) El programa NOAA comenzó con el satélite TIROS en 1960. Su principal objetivo es la observación meteorológica y oceánica de la Tierra. El **AVHRR** (Advanced Very High Resolution Radiometer) tiene una resolución espacial de 1,1 Km.
- MOS** Es un satélite de observación oceanográfica y terrestre Japones. Esta compuesto de tres tipos de sensores: un escáner de barrido **VTIR** (*Visible and Thermal Infrared Radiometer*); radiómetro de microondas **MSR** (*Microwave Scanning Radiometer*) y un explorador de empuje **MESSR** (*Multispectral Electronic Self-Scanning Radiometer*) con unas resoluciones espaciales de 900, 2700 y 50m respectivamente.
- IRS** (*Indian Remote Sensing*), es un satélite destinado a recursos naturales equipados de dos sensores **LISS** (*Linear Imaging Self Scanning*) de resolución espacial individual de 72,5m. que combinado a dos sensores se reduce a la mitad.
- ASTER** (*Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer*) Lanzado en Diciembre de 1999 como parte del Sistema de Observación de la Tierra (EOS) de la NASA.

Sistemas Espaciales de captación de imágenes estereoscópicas

Para la realización de productos fotogramétricos es necesario tener la misma información desde dos puntos de vistas.

Sistemas espaciales dotados de sensores estereoscópicos

Sistema	país	s. esteroc.	R. esp.	Nº band	Ancho barrido	f. lan
SPOT_P	Francia	Lateral	10 m	1	60 Km	1986
SPOT_XS	Francia	"	20 m	3	"	"
MOMS	Alemania	Ad/Nadir/atr	4,5/13,5	7	37 /78 Km	1992
CBERS	China-Brasil	Lateral	20 m	4/1	113 Km	1993/4
OMI	Reino-Unido	Ad/Nadir/atr	5 m	1	60 Km	1990
ASTER (EOS)	USA-ESA-Japon	Ad/Nadir/atr	15m	3	60 Km	1998

ASTER: (*Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer*), desarrollado en el programa "Sistema de observación terrestre" EOS, por la NASA. El principal objetivo de la e obtener imágenes de la Tierra de alta resolución espacial en 14 bandas espectrales. ASTER contiene 3 subsistemas: VNIR (*Visible and Near Infrared*) con 15m de R_e; SWIR (*Shortwave Infrared*) de 30 m; y TIR (*Thermal Infrared*) de 90 m de R_e.

CBERS: (China Brasil Earth Resources Satellite). CBERS es un multisensor que cartura diferentes conjuntos de datos a muy diferentes resoluciones. WFI (*Wide Field Image*) con una R_e de 250 m; HRCCD (*High Resolution CCD*) con R_e de 20m y IR_MSS (*Infrared Multispectral Scanner*) de R_e 80 m.

MOMS: sistema alemán de sensores de imágenes multispectrales; de 7 bandas de las cuales tres son pancromáticas con una disposición de una vertical y las otras dos oblicuas (21,4º). El tamaño del píxel es de 4,5 x 4,5 m, el de la posición vertical, a 13.5x 13,5 m el de la posición más extrema.

Sistema SPOT



El programa **SPOT** (*Système Provoaire d'Observation de la Terre*), desarrollado por Francia, con la colaboración de Bélgica y Suecia, cuenta en la actualidad con **3 satélites** en órbita que fueron lanzados en los años 1986, 1990 y 1993. A principios de 1998 se lanzó el cuarto, que incorporó un nuevo sensor, bautizado con el nombre de *vegetation*, y especialmente diseñado para el estudio de la vegetación.

Este cuarto satélite cuenta con dos sensores "push boom" denominados HRV (*Haute Resolution Visible*), que posibilitan la obtención de imágenes en 2 modalidades: **pancromático** (PA) y **multibanda** (XSn).

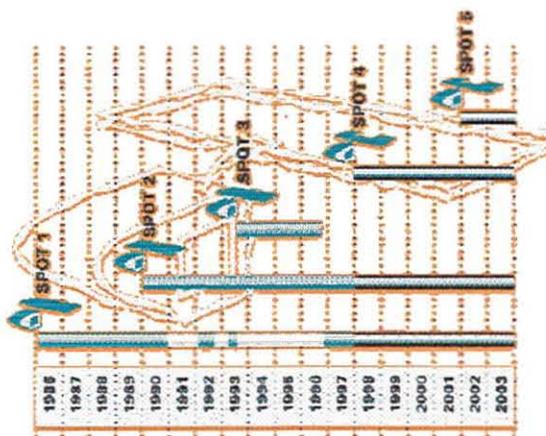
Las características más importantes	
Resolución temporal	26 días
Área recubierta por cada imagen	60 Km
Tipo de órbita	heliosincrónica
Altura de la órbita	aprox. 834 Km
Periodo orbital	aprox. 101 min.

CANAL	RANGO ELECTROMAGNÉTICO	RESOLUCIÓN
XS1	0.50 - 0.59 μ m (verde)	20 metros
XS2	0.61 - 0.68 μ m (rojo)	20 metros
XS3	0.79 - 0.89 μ m (inf.cercano)	20 metros
PA	0.51 - 0.73 μ m (visible)	10 metros

Los satélites SPOT tiene la posibilidad de variar el ángulo de visión de los detectores hasta los 27 ° con respecto la vertical (nadir). Este hecho, facilita la observación de la misma zona en órbitas sucesivas (los sensores pueden enfocar a cualquier punto situado dentro de un rango de 475 Km en ambos lados del trazado de la órbita), posibilita el bajar la resolución temporal de 27 a unos 2-3 días, permite **adquirir imágenes estereoscópicas** y por tanto de generar modelos digitales del terreno.



Satélites SPOT



SPOT-1 fue lanzado el 22 de febrero de 1986, y retirado del servicio activo el 31 de diciembre de 1990.

SPOT-2 fue lanzado el 22 de enero de 1990 y sigue estando operativo.

SPOT-3 fue lanzado el 26 de septiembre de 1993. El 14 de noviembre de 1997 tuvo lugar un fallo en el sistema de control de la posición del SPOT-3 y después de 3 años en órbita el satélite dejó de funcionar. El SPOT-1 fue entonces reactivado en Marzo de 1994 para solventar el aumento de demanda de imágenes SPOT.

SPOT-4, último satélite, fue lanzado el 24 de Marzo de 1998 y está completamente operativo desde Mayo de mismo año, después del periodo de puesta en servicio.

El satélite **SPOT-5** está en su última etapa de desarrollo para poder ser lanzado en Diciembre de 2001. Traerá nuevas mejoras, especialmente en términos de resolución (5m).

Sistema LANDSAT

El primer satélite, de carácter experimental, fue construido para demostrar la viabilidad de cartografiar y rasgos de la superficie de la Tierra a partir de imágenes orbitales. Este programa fue desarrollado con el objetivo de posibilitar la adquisición de imágenes de la superficie de la Tierra de manera global y repetitiva.

La serie de satélites LandSat, tiene su origen en 1972 cuando se puso en órbita el primero, denominado ERTS (*Earth Resource Technology Satellite*). A partir del segundo lanzamiento, que tuvo lugar en 1975, se les rebautizó con el nombre de LANDSAT.

Los primeros 3 satélites Landsat tenían una fisonomía muy similar, con unas dimensiones aproximadas de 3 m de altura por 1.5 de diámetro, que se convertían en 4 cuando se extendían los paneles solares. El peso de todo el sistema, rondaba los 960 Kg.

Los dos últimos de la serie, Landsat-4 y 5, modifican en gran parte su morfología, instrumental a bordo y características orbitales. En la siguiente tabla se muestran las características principales del Landsat-5:

Altura de vuelo	705 Km
Ciclo de recubrimiento	16 días
Periodo orbital	98.9 minutos
Hora adquisición en España	9.45 a.m hora solar

La principal aportación de los dos últimos Landsat es la incorporación de un nuevo sensor, denominado **Thematic Mapper (TM)**, especialmente diseñado para la cartografía temática. Este sensor mejora su antecesor *Multispectral Scanner (MSS)* en los siguientes aspectos principales: Pasa de 79 a 30 metros su resolución espacial, incrementa la resolución espectral de 4 a 7 bandas, y la resolución radiométrica pasa de 6 a 8 bits.

Las mejoras que ofrece el **sensor TM**, facilitan una mayor precisión para la cartografía temática, ampliando el rango de aplicaciones operativas tanto terrestres como marinas.

Característica de los canales espectrales o bandas del sensor Thematic Mapper

Banda	Long. De onda (micrómetros)	Región del espectro
tm1	0.45-0.52	Azul
tm2	0.52-0.60	Verde
tm3	0.63-0.69	Rojo
tm4	0.76-0.90	Infrarrojo cercano
tm5	1.55-1.75	Infrarrojo cercano
tm6	10-12	Infrarrojo térmico
tm7	2.08-2.35	Infrarrojo medio

Sistema ERS

El primer satélite de la serie (**ERS-1**) fue lanzado en septiembre de **1991** desde la Guayana francesa y el segundo (**ERS-2**) se puso en órbita en 1995. El satélite cuenta con una gran cantidad de instrumental, sobre el que se puede destacar el siguiente:

- Radar de apertura sintética (SAR, *Syntetic Aperture Radar*)
- Dispersómetro de vientos (SCAT, *Scatterometer*)
- Radar altimétrico (RA, *Radar Altimeter*)
- Equipo de barrido térmico (ATSR, *Along Track Scanning Radiometer*)
- Reflector Láser (LRR, *Laser Reflector*)

El segundo satélite de la serie, el ERS-2, incorpora las siguientes mejoras:

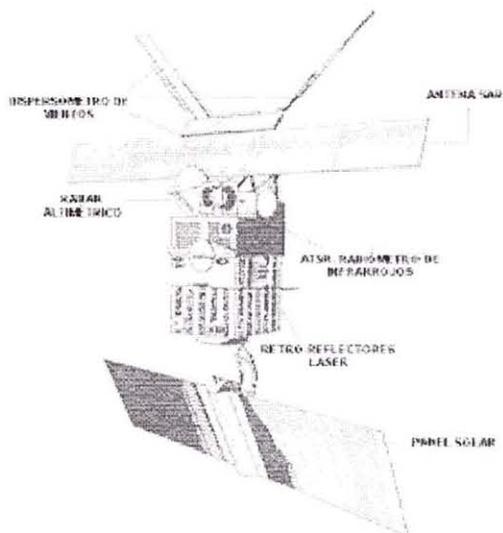
- Equipo de barrido térmico mejorado con 3 nuevas bandas en el visible y el infrarrojo próximo (ATSR-2, *Along Track Scanning Radiometer*)
- Instrumento para medir el ozono, dióxido de nitrógeno, oxígeno, etc. (GOME, *Global Ozone Monitoring Experiment*)

Características Generales:

Tipo de órbita	heliosincrónica
Altura orbital	780 Km
Resolución temporal	3. 35 (standard) y 176 días

El instrumento activo de microondas (**AMI**, *Active Microwave Instrument*) es el instrumento más importante que incorpora el ERS, éste se puede utilizar en 3 modos distintos cada uno de los cuales tiene una utilidad práctica concreta:

- radar de imágenes (*AMI SAR mode*),
- modo olas (*AMI WAVE mode*)
- modo viento (*AMI WIND mode*),



AMI SAR MODE	
Cobertura en la dirección de avance	100 Km
Resolución	30m x 30m

IKONOS



En Septiembre del año 1999 se puso en órbita el satélite IKONOS. Este satélite, el primero con precisión submétrica (**82 cm.**) cuenta además con capacidad multiespectral: con tamaño de píxel de 4 metros es capaz de adquirir **4 bandas**: rojo, verde, azul e infrarrojo próximo. Siendo la adquisición como es, simultánea en los modos pancromático y multiespectral, la fusión de ambos tipos de datos es prácticamente perfecta, resultando como productos de observación de la tierra imágenes de tamaño de píxel de 1 metro y color real (rojo, verde, azul), o bien falso color infrarrojo (4,3,2).

En cuanto a resolución radiométrica se refiere, la adquisición de imágenes es codificada a **11 bits por píxel**, es decir, nos permite trabajar con paletas de **2048** tonos reales de gris.

A priori hay quien puede pensar que no es significativo ya que los sistemas de visualización sólo permiten mostrar 256 tonos, e incluso el ojo humano no es capaz de distinguir más. Sin embargo, esa información está ahí, y podemos jugar con ella, mostrarla o esconderla a conveniencia. En resumen, tenemos ocho veces más información que en imágenes tradicionales de 8 bits por píxel. Quizá para interpretación visual sólo sea una buena ayuda, pero en estudios temáticos se convierte en una ventaja fundamental.

La resolución temporal es realmente óptima:

- **1 día** manteniendo 2 metros de tamaño de píxel (R_e)
- **3 días** con 1 metro de R_e

Cámaras CCD

Los sensores más empleados en fotogrametría son los **CCD**: *Charge Couple Device*, dispositivo de acoplamiento de carga.

El sensor CCD convierte los fotones que llegan a la superficie en electrones, y un convertidor los transformara a formato digital y se registran en un colector según la referencia espacial en la que se dispongan.

Elementos de un sistema de captación de imágenes:

Iluminación

Los problemas más comunes asociados a la iluminación es la variación de la intensidad. Las sombras son otro problema que queda eliminado con la utilización de marca retroreflectivas.

La precisión de las medias dependerá de:

- La estabilidad temporal: Las cámara que tiene un obturador mecánico deben estar sincronizados con la fuente de alimentación del sistema de iluminación. El efecto que tiene la variación de intensidad en la precisión depende del tipo de sensor.
- Las características espectrales de la iluminación afectan a la no uniformidad de la respuesta a la del sensor (PRNU) y a la Función de transferencia de Modulación.
- La distribución de la intensidad de luz.

Objetos

El contraste de la superficie a cubrir es importante y afecta a la precisión. El color, formas, textura de la superficie y de los objetos nos determinan el contraste entre objeto/fondo.

Elementos Ópticos

Las características geométricas y radiométricas del sistema óptico son conocidas ya que son las mismas que las que presentan las cámaras convencionales, algunas suelen incorporar un sistema difusor para suavizar las imágenes, las coberturas de vidrio son para protección química y mecánica.

Sensor

Las cuatro características básica para definir las características radiométricas y geométricas de un sensor para analizar la calidad de los mismos: PRNU; Las características de la superficie; La regularidad de apertura del elemento del sensor y el espaciado de los mismos.

Ventajas e inconvenientes de las Cámaras CCD

VENTAJAS:

- La imagen se obtiene al instante sin esperar el revelado.
- La sensibilidad puede alcanzar la de una película.
- Posibilidad de tratamiento de la imagen.
- Sencillez en la transferencia y posibilidad de comprimir los datos.
- Copias de imágenes.
- Mediante el filtraje adecuado podemos obtener fotos del infrarrojo cercano.
- Multiexposición en diversos eventos.
- Permite realiza seguimiento automático.

INCONVENIENTES:

- Metodologías en pleno desarrollo, inmadurez.
- Los sensores apropiados para cartografía son todavía muy caros

Cámaras CCD Comerciales

Página a rellenar por el alumno tras la lectura de varios artículos

ADS40



DMC 2001

Escáneres

Actualmente es el sistema más empleado en Fotogrametría Digital para la adquisición de imágenes digitales. Consiste en la digitalización de imágenes analógicas, obtenidas a partir de una cámara analógica, mediante un escáner.

Un escáner puede ser de distinta clase en función del tipo de fotodetector, que puede ser:

- a) *Fotomultiplicador*: sólo puede ser empleado como un elemento aislado, con un tiempo de respuesta muy rápido y una sensibilidad muy alta. Este tipo son generalmente *de tambor* y escanea la imagen punto a punto siguiendo líneas (no fotogramétricos). La iluminación esta basada en un efecto de luz externa.
- b) *CCD* (Charge Couple detector): los fotodetectores se agrupan de forma lineal o matricial rectangular. Este tipo suelen ser escáner *planos*, el montaje de la película es sobre dos placas de vidrios, de esta forma se está asegurando la planiedad. Tienen pérdidas de sensibilidad y de rango dinámico con respecto a los anteriores.

El fotodetector mide un valor proporcional a la transparencia o a la reflectancia de la fotografía. La señal electrónica se convertirá en un valor numérico digital.

El sensor es uno de los principales elementos del escáner, es el que registra medidas de densidad de la película. La *densidad* de la película es el logaritmo de la *opacidad*. La opacidad es la inversa de la transmitancia. La *transmitancia* es la relación entre la luz transmitida y la luz reflejada.

El sensor es muy sensible para zonas muy claras y dicha sensibilidad decrece para las zonas oscuras. La sensibilidad del sensor depende de varios factores entre ellos factores electrónicos y además el ruido de los fotones.

Componentes electrónicos: Conversor A/D; Controlador(sensor/placa); Memoria; Interface de salida

Características Técnicas de un Escáner

Para Fotogrametría Digital debemos conseguir imágenes con una calidad alta, esto significa que deben cumplir unas características geométricas y radiométricas mínimas.

Los principales factores en las obtención de imágenes de forma indirecta, por escáner, son:

- **Illuminación:** debe ser uniforme, estable y no producir calentamientos.
- **Resolución Radiométrica:** se genera un aumento de la escala de grises en la captura y mediante un software apropiado se reduce el rango de niveles de grises a la escala estándar de 256 valores.
- **Resolución Geométrica:** tamaño del píxel
- **Rango Dinámico:** 0.0-3.05D
- **Velocidad:** definida por el usuario según la calidad de la imagen y requerimientos que se deseen. Defectos de engrase, polvo, defectos mecánicos, deben ser controlados mediante test periódicos.
- **Ruido de la imagen:** el ruido del sensor no deberá exceder $\pm 0.03-0.05D$
- **Formato de almacenamiento y compresión de los datos**
- **Color:** se consigue por distintos métodos:
 - _ filtros espacialmente intercalados en los elementos del sensor
 - _ empleo de CCD de 3 chips.
 - _ filtros externosSe define tres niveles mediante el correspondiente fitraje, RGB (Red, Green, Bleu), CYR (Cyan, Yellow, Red).

TIPOS DE ESCÁNER

Podemos realizar la siguiente clasificación:

- **Sensores Simple:** barren una línea mediante un procedimiento de rotación.
- **Sensores de banda:** barren la fotografía por bandas paralelas.
(Helava 200 y 300, PhotoScan PS1, Phodis _SC)
- **Sensores de matriz cuadrada:** digitaliza zonas del fotograma que posteriormente une numéricamente, mediante un cruce de coordenadas conocidas. (RS1 de Rollei, VX de Vexcel)

Calibración de un Escáner

Un escáner fotogramétrico debe ser calibrado tanto geométrica como radiométricamente.

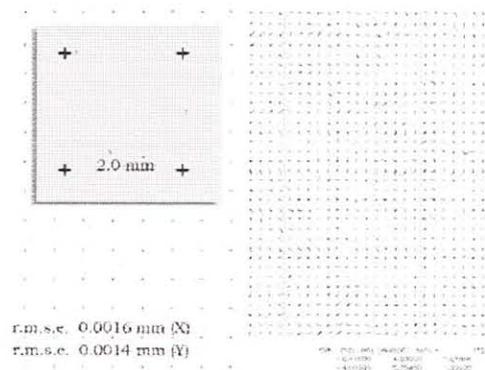
Calibración Geométrica

Los test de calibración geométrica se realizan mediante placas cuadrículas. La precisión de la malla de esta cuadrícula es de 2 a 3 μ m. Existe un tipo de placas con dos columnas en sus bordes las cuales permite controlar los errores debidos a la variación de frecuencias.

Otro tipo de placas, generalmente de 25x25 cm y con una cuadrícula de 1cm, se emplean de forma independiente para calibrar el sistema y ajustar las imágenes con los resultados obtenidos.

Placa reticular: la distancia de las cruces es de 2 mm.

El resultado del test de la precisión geométrica muestra en X $\pm 1.6 \mu$ m y en Y $\pm 1.8 \mu$ m r.m.s.e. El diagrama presenta los residuos después de la transformación Afin.



Calibración Radiométrica

En un escáner interviene muchos elementos que afectan al sistema de iluminación, tales como fuente de luz, sensores, lentes ópticas, portaplacas y cubreplacas. Cada uno de estos elementos tienen una influencia específica en la calidad e intensidad de luz. La calibración radiométrica es el proceso encargado de medir la influencia de estos elementos y compensar sus efectos adversos en los datos resultados de la imagen digital escaneada.

Escáneres Fotogramétricos Comerciales

EJEMPLOS DE ESCÁNERES

Escáner	Empresa
• <i>DeltaScan</i>	GeoSystems (http://www.vinnitsa.com/geo)
• <i>DSW500</i>	LH Systems, LLC (http://www.lh-systems.com)
• <i>Horizon</i>	AGFA (http://www.agfa.com)
• <i>PhotoScan 2000</i>	ZI imaging (http://www.ziimaging.com/)
• <i>UltraScan5000</i>	Vexcel Imaging GmbH (Austria) (http://www.wexcel.co.at)
• <i>VX 4000</i>	Vexcel Imaging Co. (USA) (http://www.veximg.com)
• <i>XL 10</i>	ISM Corp. (http://www.ismcorp.com)

Escáner UltraScan5000 de Vexcel

- Formato: A3 (280mm x 440mm)
- Precisión Geométrica Máx.: $\pm 5\mu\text{m}$ ECM
- Resoluciones G. directas: 5,10, 15, 20, 25, 29, 58 $\mu\text{/píxel}$
- Precisión Radiométrica: ± 0.3 DN a ± 1.0 D
- Rango de densidades de 3.7 D
- Acoplador de fotos aéreas



Para saber más

Libros

Delgado, J. Apuntes de U. Jaén. Fotogrametría Digital

Pinilla, C. "Elementos de Teledetección"

Kraus, K. "Photogrammetry", Vol. II. Bonn: Dümmler. 2000. (ISBN: 3-427-78694-3)

Skech, Tony. "Digital Photogrammetry" Vol. I. Laurelville (USA): TerraScience. 1999 (ISBN: 0-9677653-0-7)

Direcciones de interés

RSRU U. California: <http://umbc7.umbc.edu/~tbenja1/santabar/rscc.html>

SPOT: <http://www.spotimage.fr/home/>

<http://edc.usgs.gov/glis/hyper/guide/spot>

LANDSAT: <http://landsat.gsfc.nasa.gov/>

http://edcwww.cr.usgs.gov/glis/hyper/guide/landsat_tm

IKONOS: <http://www.aeroterra.com/HTMs/ikonos.htm>

MOMS: <HTTP://www.nz.dlr.de/moms2p/techdat/>

ASTER: <http://asterweb.jpl.nasa.gov>

Lecturas complementarias

"El Sensor aereotransportado ADS40"

http://www.lh-systems.com/espanol/pdfs/Introduccion_al_ADS40.pdf

"Escáneres fotogramétricos de alta calidad para la cartografía"

<http://www.mappinginteractivo.com/anterior.htm> (abril_mayo 2001)