

Aplicaciones Urbanas de los Sensores Remotos

Dr. Cardozo Osvaldo Daniel

Sr. Da Silva Cristian Javier

El término Teledetección es una adaptación del vocablo inglés *Remote Sensing*, y se refiere no sólo a la captación de datos desde el aire o desde el espacio sino también a su posterior tratamiento y análisis. Una definición formal la describe como la técnica de adquisición y posterior tratamiento de datos de la superficie terrestre desde sensores instalados en plataformas espaciales, en virtud de la interacción electromagnética existente entre la Tierra y el sensor, siendo la fuente de radiación la proveniente del Sol -teledetección pasiva- o del propio sensor -teledetección activa-(Chuvienco, 2008).

Su función principal es la extracción de información de la superficie terrestre y las cubiertas que existen sobre ella, por medio de instrumentos óptico-electrónicos y en forma remota. Producto de ello se genera una imagen -matriz bidimensional- donde una porción de espacio sobre la superficie terrestre es representada por la unidad mínima de información conocida como *picture element* o píxel.

Tradicionalmente, la fotointerpretación y fotogrametría eran las principales herramientas para la explotación de imágenes en las áreas urbanas, pero con la incorporación de los satélites de observación terrestre y sobre todo, las mejoras en la resolución espacial de los sensores, el empleo de imágenes satelitales pasó a ocupar un lugar privilegiado y se consolidó como tecnología de punta para el análisis territorial. Por este motivo, se pretende dedicar un dossier a esta cuestión.

Características y aplicaciones generales

Las imágenes obtenidas por los satélites ofrecen una perspectiva única y particular de la Tierra, sus recursos y el impacto humano sobre ella. Los sensores remotos han demostrado ser una importante fuente de información para un gran número de aplicaciones, entre las que cabe citar la planificación urbana, vigilancia del medio ambiente, gestión y manejo de cultivos, prospección petrolífera, exploración minera, usos del suelo, localización de bienes raíces, entre otras.

Este amplio y diverso abanico de aplicaciones surge de las numerosas ventajas que presenta el empleo de imágenes satelitales:

- Digital: las imágenes de satélite se generan digitalmente, al igual que su distribución a los usuarios. Dada su naturaleza digital, las imágenes se procesan y analizan por medio de computadoras para extraer datos que otras fuentes no detectarían.
- Rápido: un satélite de observación terrestre levanta información de un vasto territorio -dependiendo del tamaño de la escena-, en menos tiempo que el de un equipo topográfico o de un vuelo aéreo-fotográfico.
- Económico: para zonas extensas, las imágenes de satélite resultan normalmente mucho más económicas que la fotografía aérea o las campanas topográficas sobre el terreno.

- Global: la captura de imágenes satelitales no está limitado por fronteras políticas ni geográficas, por lo tanto, pueden obtener información de toda la superficie terrestre.
- Actualizado: los rápidos cambios que ocurren en la sociedad y el territorio, hacen necesario contar con información actualizada para tomar decisiones acertadas. Los mapas “envejecen” con mayor rapidez, mientras que la disponibilidad de imágenes satelitales es prácticamente diaria.
- Sinóptico: los sensores remotos captan en una sola imagen y con alto nivel de detalle, (principales cubierta del suelo, carreteras e infraestructuras) extensas porciones del territorio.
- Preciso: la información que contiene es una representación precisa, objetiva e imparcial de los objetos y detalles de la superficie terrestre y sus cubiertas.
- Flexible: se pueden sacar datos mas complejos y aprender a combinar las imágenes con miles de datos geográficos distintos con capacitación en el manejo de los programas informáticos de aplicaciones geográficas y procesamiento de imágenes.

Aplicaciones en ámbitos urbanos

Las aplicaciones urbanas de las imágenes satelitales son bastante diversas y aun siguen creciendo, de hecho, el empleo de los Sensores Remotos en ámbitos urbanos han sido una de las que más han crecido últimamente. Chuvieco (2008) menciona como publicaciones recientes los trabajos de Au (1993) y Lulla (1993); sin embargo, en una reciente recopilación (Cardozo-Da Silva, 2012) hemos detectado que en la última década el número de publicaciones no periódicas aumentó considerablemente, lo que es un indicador del fuerte interés académico y científico en la temática.

Algunas de ellas son:

- Generación y actualización del parcelario catastral (GIS de municipios)
- Detección de morfología y estructura urbana
- Análisis de la expansión urbana y patrones de desarrollo
- Separación de categorías urbana y rural
- Clasificación de coberturas del suelo
- Clasificación de los usos del suelo por comprobación en campo y fuentes auxiliares
- Mapeo, planificación y administración del suelo urbano
- Cartografía de redes de transporte e infraestructuras asociadas (semáforos, estacionamiento, señalización, paradas, terminales, estaciones, etc.)
- Planificación del desarrollo de infraestructura y equipamiento urbano (teléfono, alcantarillado, agua potable, electricidad, gas, recogida de residuos, etc.)
- Cartografía de infraestructuras lineales (calles, canales, vías férreas, tuberías, cableado, etc.)
- Cartografía del arbolado urbano y vegetación natural
- Detección y medición de construcciones no declaradas

- Análisis de localización óptima de comercios, antenas, bienes raíces, etc.
- Clasificación de cultivos y mapas de capacidad de la tierra para agricultura de precisión en áreas periurbanas

Características de los sensores remotos aplicados a estudios urbanos

Una de las características fundamentales de los sensores remotos es la capacidad de registrar, discriminando información en detalle, lo que se conoce como resolución de un sensor. Este término es más complejo e implica por lo menos cuatro manifestaciones:

- Resolución Espacial: designa al objeto más pequeño que puede detectarse sobre una imagen que se denomina pixel. Tiene un papel protagonista en la interpretación de la imagen ya que marca el nivel de detalle que ofrece.
- Resolución Espectral: se refiere al número y ancho de las bandas que puede discriminar el sensor.
- Resolución Radiométrica: indica la sensibilidad del sensor para detectar variaciones en la radiancia espectral que recibe, expresados en niveles digitales (ND).
- Resolución Temporal: es la periodicidad con la que éste adquiere imágenes de la misma porción de superficie.

No existe certeza absoluta respecto a cuales son los efectos de la resolución del sensor (espacial, espectral, radiométrica, temporal) en la detección de cubiertas urbanas, pero sin lugar a dudas, los sensores de tipo ópticos (Visible + IR) con alta resolución espacial son los más utilizados en aplicaciones urbanas. Cabe mencionar que recientemente, los sensores activos del tipo LIDAR son usados cada vez con mayor frecuencia en espacios urbanos, debido al alto nivel de detalle que permiten los pulsos láser.

Se entiende que la resolución espacial resulta crucial para el detalle que necesitan las aplicaciones urbanas. La Teledetección de alta resolución espacial tiene casi 50 años de existencia, y en sus primeros años estuvo muy relacionado con objetivos militares o de seguridad, por lo tanto tuvieron poco provecho y difusión para la comunidad en general. En 1972 comienzan a lanzarse los primeros satélites con fines científicos y en 1993, se levantan estas restricciones en la Teledetección para fines comerciales.

De esta forma, empresas privadas de Estados Unidos, Francia, India, entre otros, iniciaron la carrera para obtener productos en el mercado civil, y en 1999 se pone en orbita *Ikonos*, el primer satélite de resolución pancromática de 1 metro que permite lograr cartografía a una escala de 1:3600. Actualmente, la agencia *Digital Globe* lidera el mercado de imágenes satelitales de alta resolución espacial con el sensor *QuickBird* que logra una capacidad de discriminación submétrica (60 cm de resolución).

A continuación se presentan los sensores de alta resolución espacial actuales, y que permiten lograr representaciones cartográficas a escalas de 1:10.000 a 1:50.000 aproximadamente.

Sensor	Origen	Resol. espacial (metros)
GeoEye 1	USA	0,41
WorldView 2 *	USA	0,46
WorldView 1 *	USA	0,5
QuickBird *	USA	0,6

EROS B	Israel	0,7
IKONOS *	USA	1,0
Orbview 3 *	USA	1,0
KOMPSAT 3	Corea del Sur	1,0
EROS A1	Israel	1,8
SPIN-2 (cámara KVR-1000)	Rusia	2,0
FORMOSAT 2	Taiwán	2,0
CartoSat 1	India	2,5
SPOT 5	Francia-Bélgica	2,5
C-BERS (cámara HRC) *	Brasil	2,7
IRS 1C *	India	5,0
RapidEye *	USA	5,0
IRS P6 *	India	5,8
RESURS-F2 (cámara KFA-1000)	Rusia	6,7

De todas formas, también es posible realizar algunas aplicaciones urbanas con sensores de menor resolución espacial que los anteriores, pero en la categoría de ambientales y algunos de tipo activos, que permiten realizar cartografía en escalas de entre 1:50.000 y 1:200.000 aproximadamente.

Sensor	Origen	Resol. espacial (metros)
RadarSat 2 **	Canadá	8/10
Landsat 7 *	USA	15
Aster	USA-Japón	15
Almaz-1	Rusia	15
JERS-1 **	Japón	18
C-BERS	Brasil	20
ERS-2	ESA	20
ERS-1	ESA	30
SAC-C (cámara HRTC)	Argentina	35

* La resolución espacial corresponde al modo pancromático.

** Sensores activos del tipo RADAR.

Técnicas empleadas en el ámbito urbano:

Ciertas técnicas de Teledetección resultan más útiles que otras por las posibilidades que ofrecen para discriminar objetos y analizar sus características en los espacios urbanos, algunas de las cuales se comentan a continuación:

- Fusión de datos: normalmente se utiliza para mejorar la discriminación de cubiertas en una imagen compuesta. Para lograr esto se fusionan dos bandas multiespectrales y una tercera en modo pancromática que generalmente posee mayor resolución espacial.
- Análisis de firmas espectrales: la observación previa en el espectro electromagnético del comportamiento de algunas cubiertas normalmente asociadas al ámbito urbano (cemento, asfalto, tierra, zinc, tejas, etc.), puede arrojar información muy valiosa para ayudar a discriminarlas en la imagen.

- Análisis multitemporal y detección de cambios: el empleo transversal de imágenes en bruto o clasificadas para la detección de cambios urbanos, es una de las líneas de investigación con mayor tradición en los Sensores Remotos. En ocasiones, delimitar la extensión de las áreas urbanas es importante para construir máscaras antes de una clasificación digital, a fin de mejorar la identificación de otras cubiertas; ello se debe a que la categoría “urbano” es una cubierta “compleja” porque tiende a “confundirse” con otras cubiertas como suelo (por las calles de tierra), pastura (por los patios o espacios abiertos de recreación), o bosque (por el arbolado urbano).
- Interpretación visual: provienen de la Fotointerpretación, un predecesor de los Sensores Remotos. La aplicación de los criterios visuales (brillo, tamaño, color, textura, forma, contexto espacial, sombras, patrón espacial) para la detección y descripción de elementos urbanos, aun permanece vigente y puede resultar un complemento ideal para el análisis digital de las imágenes satelitales.

El efecto de la sombra y su utilidad en el contexto urbano

Las variaciones en las condiciones de iluminación de una cubierta producen una “notable variedad en su firma espectral característica”, por esta razón, la misma cubierta puede tener valores de reflectividad diferentes, según se ubique en la parte con iluminación solar o de umbría. Conocer este efecto es importante para no trazar límites entre cubiertas donde solo cambiaron las condiciones de iluminación.

Pueden producir efectos en la clasificación digital de imágenes, y en el campo del análisis visual es un criterio clave para determinar tipologías de construcciones o identificar objetos, a partir de los cuales es posible obtener un valor aproximado de su altura (Chuvieco, 2008). Así mismo, en la región del microondas/radar las áreas urbanas presentan un alto contraste debido a la dispersión que generan las esquinas reflectoras (los edificios tienen una “retrodispersión de esquina”) y los efectos suavizantes de las calles; en este rango del espectro, los ángulos afilados aparecen brillantes y las carreteras oscuras.

En los ámbitos urbanos puede resultar útil -cuando no se dispone de otra fuente de información-, obtener la altura aproximada de las construcciones (edificios, torres, antenas, etc.) por medio de la longitud de la sombra que proyectan en la imagen de satelital. Para ello es necesario conocer los ángulos solares (elevación, cenital) en el momento que fue adquirida la imagen, y aplicar relaciones trigonométricas.

Para el cálculo indirecto de alturas se aplica la siguiente formula $H = \frac{Ls}{\tan \alpha}$ (*)

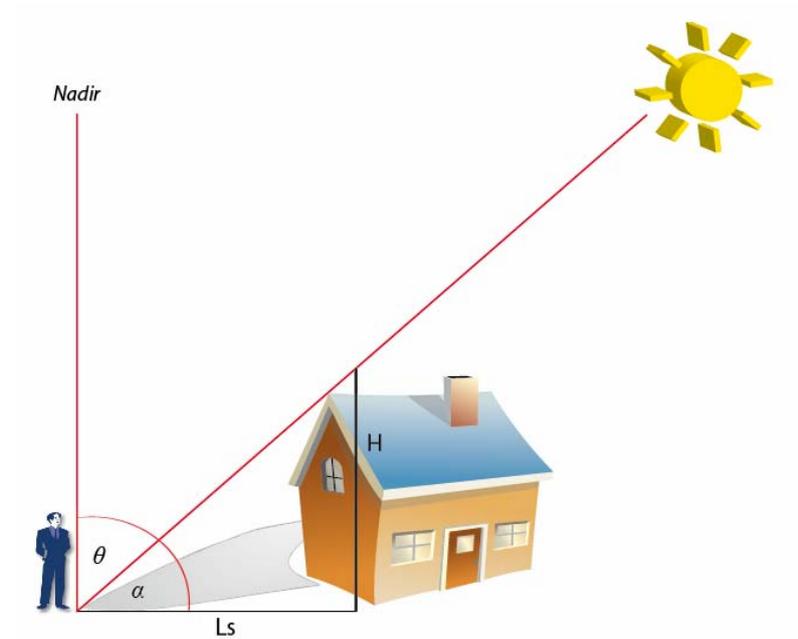
donde H = altura del edificio

Ls = longitud de la sombra

α = ángulo de elevación solar

θ = ángulo cenital solar

(*) también es posible multiplicar Ls por la tangente de θ , cuando conocemos el ángulo cenital solar.



El empleo de la sombra es útil porque reproduce la forma aproximada del objeto sobre la superficie terrestre, lo que en una vista 2D (mapas, cartas) no podría identificarse. Sin embargo, este método indirecto resulta más apropiado para construcciones aisladas que en las áreas urbanas densas, donde puede resultar difícil precisar la sombra de un edificio de los procedentes de otros inmuebles.

Bibliografía

- Chuvieco Salinero, Emilio. (2008). Teledetección Ambiental. Ariel: Barcelona.
- Cardozo, Osvaldo Daniel y Da Silva, Cristian Javier. (2012). Listado bibliográfico en Sensores Remotos. LabTIG (UNNE-CONICET). Inédito.
- Ciampagna, José. (2006). Teledetección. Usos y Aplicaciones en SIG para Usos Urbanos. EAD-Lincoln Institute of Land Policy.
- Pinilla, Carlos. (1995). Elementos de Teledetección. Ra-Ma: Madrid.
- Navone, Stella Maris. (2003). Sensores Remotos aplicados al estudio de los recursos naturales. UBA: Buenos Aires.