

Corrección atmosférica y radiométrica según el modelo mejorado de “objeto negro”, Chavez (1996).

Objetivo:

- Descargar una imagen Landsat
- Calcular la radiancia en imágenes Landsat a partir de los niveles digitales de las imágenes cuando se descargan de la Internet.
- Hacer la corrección por aerosoles utilizando el “objeto negro”
- Calcular la reflectividad

Las imágenes pueden descargarse en:

<https://glovis.usgs.gov/>

Introducción:

El cálculo de la radiancia es un paso fundamental para llevar las imágenes a una escala radiométrica común, esto es crucial cuando se utilizan imágenes de distintos sensores o distintas fechas. Se utilizará parte del modelo COST y el método propuesto por Chander y Markham (2003), la lectura más reciente y que se requiere para este ejercicio es el artículo de Chander 2009.

Radiancia:

1. Calibración interna, aquí se definen los valores máximos y mínimos de radiancia por sensor ($L_{MAX\lambda}$, $L_{MIN\lambda}$) y se derivan, Gain (Slope) y Bias (offset). Esto define como se relaciona la radiancia medida por los sensores (L) y el nivel digital DN. Los valores de radiancia son llevados a DN, la calibración radiométrica en la “cuantización” Q de análogo a digital en un rango de cuantización de 256 DN, razón por la cual los valores llegan al usuario en DN. Todos estos valores (gain, bias) existen en los metadatos de cada imagen o en la literatura.
2. Los valores deben ser llevados por el usuario nuevamente a radiancia utilizando la ecuación que relaciona los DN con la radiancia, esto se hace con una regresión lineal con su pendiente y su constante, es decir, gain y bias y la variable independiente DN.

Entonces el proceso para estimar la radiancia que mide el sensor a partir del ND es el siguiente: primero se debe convertir los valores de los píxeles (DN denominados

Teledetección.

QCAL, Q: quantization, cal: calibrated) a radiancia (L), para cada rango de longitud de onda λ :

L_λ : radiancia espectral medida en el sensor $W/m^2 \cdot sr \cdot \mu m$ (W para vatio y sr para estéreo radián)

$L_{MIN\lambda}$: radiancia espectral escalada al valor mínimo del pixel (metadatos)

$L_{MAX\lambda}$: radiancia espectral escalada al valor máximo del pixel (metadatos)

QCAL: es el nivel digital ND.

QCALMAX = máximo nivel digital (puede cambiar según la resolución radiométrica del sensor, usualmente 255 o 65535)

$$L_\lambda = L_{MIN\lambda} + QCAL * (L_{MAX\lambda} - L_{MIN\lambda}) / QCALMAX$$

3. Luego se debe utilizar la ecuación de reflectividad, donde se tiene en cuenta la energía recibida por el sensor (radiancia del paso anterior) y la energía proveniente del sol (incidente, es decir, irradiancia) para ese día.

Este modelo requiere muchos valores, pero en su mayoría son constantes y disponibles en la literatura o en el metadato de la imagen, solo tres datos de entrada se deben obtener para el cálculo: la distancia del sol a la tierra, el ángulo de elevación del sol y las bandas Landsat con sus niveles digitales (ND). Nótese que el proceso hay que hacerlo para cada una de las bandas que queramos utilizar en un estudio determinado. Mínimo tres bandas ópticas (o termal en estudios en esta parte del espectro), que incluya al menos una del visible y otra del IRC o IRM.

Reflectividad TOA

Una forma de normalizar la energía que llega del sol es calcular la reflectividad (que elimina el efecto del ángulo solar). La reflectividad rho (ρ) es la proporción de la energía que llega al sensor con respecto a la energía incidente.

(Reflectividad en TOA (Top Of Atmosphere) sin corrección por efecto de la atmósfera)

$$\rho_\lambda = \frac{L_\lambda * \pi * d^2}{ESUN_\lambda * \cos\left(\frac{\pi}{180} * (90 - \theta_s)\right)}$$

Donde, L_λ : radiancia medida en el sensor $W/m^2 \cdot sr \cdot \mu m$

Teledetección.

d^2 = distancia del sol a la tierra en unidades astronómicas (Chander et al 2009), que se basa en el día juliano (ver tabla al final).

Θ_s : Elevación del sol (*sun-angle elevation*, metadatos).

$ESUN_\lambda$: irradiancia $W/m^2 \cdot sr \cdot \mu m$ (energía que proviene del sol, tabla Chander et al, (2009))

El Objeto negro (reflectividad en superficie)

Una dificultad en este proceso es cuantificar la energía que llega al sensor proveniente de la atmósfera, no del objeto. Es decir, parte de la energía que llega al sensor se debe a la energía reflejada por aerosoles presentes en la atmósfera (*haze ó path radiance*).

- No toda la radiancia que llega al sensor L_λ es de la superficie terrestre, realmente es la suma de la radiancia reflejada por la atmósfera $L_{\lambda,haze}$ más la radiancia reflejada por la superficie terrestre.
- $L_{\lambda,haze}$ puede calcularse como la radiancia que llega al sensor desde un objeto oscuro $L_{\lambda,min}$ menos la radiancia de un objeto oscuro $L_{\lambda,1\%}$ (Chavez, 1996)

Ver: <https://www.youtube.com/watch?v=QYrgIRO6JiY>

Para cuantificar esta magnitud se propone ubicar en cada escena un “objeto negro”, por ejemplo un lago, una sombra de relieve en la cual podamos concluir que la energía no fue reflejada o simplemente no alcanzó el objeto. Se asume que la cantidad de energía que llega al sensor de un objeto negro es solo del 1% de la radiación incidente (irradiancia), el resto de energía que llega al sensor viene de la atmósfera y por tanto debe eliminarse. De esta forma la cantidad de energía que proviene de la atmósfera para cada pixel en cada banda es definida por la siguiente ecuación:

$$L_{\lambda,haze} = L_{\lambda,min} - L_{\lambda,1\%}$$

Donde,

$L_{\lambda,min}$: Radiancia $W/m^2 \cdot sr \cdot \mu m$ medida en el sensor proveniente de un objeto oscuro.

$L_{\lambda,1\%}$: Radiancia teórica de un objeto negro en función del ángulo de toma de la imagen θ , la distancia al sol d y la energía incidente $ESUN_\lambda$.

$$L_{\lambda,min} = LMIN_\lambda + QCAL_OO * (LMAX_\lambda - LMIN_\lambda) / QCALMAX$$

$QCAL_OO$: nivel digital del pixel del objeto oscuro.

Teledetección.

$$L_{\lambda,1\%} = 0.01 * ESUN_{\lambda} * \cos\theta / \pi * d^2$$

Esta última ecuación es la misma de reflectividad, vista arriba, solo que se despeja el término de radiancia y la reflectividad ρ se reemplaza por uno por ciento (0.01).

Con esta corrección se calcula la reflectividad en superficie (SR), así:

$$\rho_{\lambda} = \frac{(L_{\lambda} - L_{\lambda,haze}) * \pi * d^2}{ESUN_{\lambda} * \cos\left(\frac{\pi}{180} * (90 - \theta_s)\right)}$$

TM5	1	Azul	0.45-0.52	30
	2	Verde	0.52-0.60	30
	3	Rojo	0.63-0.69	30
	4	IRC	0.76-0.90	30
	5	SWIR 1	1.55-1.75	30
		Termal	10.4-12.5	120
	7	SWIR 2	2.08-2.35	30

Lectura requerida:

Chander, Marckham, Dennis, 2009. Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS; TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. Remote sensing of environment. 113, 893-903.