


LP 03 - Misiunea LANDSAT

asist. dr. Mihai NICULIȚĂ

27 martie 2013

Departamentul de Geografie
Facultatea de Geografie și Geologie
Universitatea Alexandru Ioan Cuza, Iași, Romania

Acest material se află sub licență Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported (CC BY-NC-SA 3.0), reprezentând responsabilitatea unică a autorului și nu reprezintă neapărat poziția oficială a UAIC. 

Lucrarea practică își propune descrierea misiunii LANDSAT și a datelor achiziționate de aceasta.

- aaa

1 Detalii generale privind misiunea Landsat

Misiunea de achiziție a imaginilor satelitare a fost lansată de către NASA ca un proiect experimental în anul 1972 prin lansarea lui Landsat-1. Următorii doi sateliți, Landsat-2 și Landsat-3 au fost lansați tot de către NASA, pentru ca apoi din 1979 primii trei sateliți Landsat să fie trecuți în responsabilitatea NOAA. Tot NASA a lansat și sateliții Landsat-4 și Landsat-5, comercializarea imaginilor Landsat fiind încredințată companiei EOSAT. În 1993 satelitul Landsat-6 nu a mai ajuns pe orbită datorită unor probleme tehnice. În 1999 a fost lansat Landsat-7, care în 2003 a suferit o defecțiune hardware ce a dus la apariția unor zone fără date în imaginile achiziționate. La ora actuală sunt operaționali Landsat-5 (ce a trecut de limita de viață) și Landsat-7. Rocchio and Davis [2010]

Pentru decembrie 2012 a fost stabilită lansarea misiunii LDCM (Landsat Continuity Mission), susținută de către NASA și USGS, pentru continuarea achiziției de imagini ale suprafeței terestre. Satelitul LDCM va avea două instrumente: OLI (Operational Land Imager) și TIRS (Thermal InfraRed Sensor), care vor asigura acoperire globală a zonelor continentale la rezoluțiile de 30 m (spectrul vizibil, NIR, SWIR), 100 m (benzile termale) și 15 m (bandă pancromatică). Satelitul LDCM va fi o variantă îmbunătățită a sateliților Landsat, OLI având două benzi spectrale noi, una pentru recunoașterea norilor cirrus, iar cealaltă pentru observații asupra zonelor costale, iar TIRS va achiziționa imagini cu două noi benzi spectrale termice. Altitudinea de zbor va fi de 705 km, iar scenele LDCM vor avea 185 km pe direcția perpendiculară a traseului și 180 km pe direcția traseului. În același timp numărul de scene pe zi va crește la 400. (http://ldcm.gsfc.nasa.gov/mission_details.html)

Landsat-1 a fost lansat la data de 23 iulie 1972, sub numele de ERTS (Earth Resources Technology Satellite) cu două instrumente la bord: RBV (Return Beam Vidicon) și MSS (MultiSpectral Scanner). Acest satelit a operat până în ianuarie 1978. <http://landsat.gsfc.nasa.gov/about/landsat1.html>

Landsat-2 a fost lansat la data de 22 ianuarie 1975 cu aceleași instrumente ca Landsat-1 și a funcționat până în februarie 1982. <http://landsat.gsfc.nasa.gov/about/landsat2.html>

Landsat-3 a fost lansat la data de 5 martie 1978 cu aceleași senzori ca și predecesorii săi, adăugându-se a cincea bandă, de spectru termal care nu a mai funcționat la scurt timp după lansare. Aceast satelit a funcționat până în martie 1983. <http://landsat.gsfc.nasa.gov/about/landsat3.html>

Landsat-4 a fost lansat la 16 iulie 1982, fără instrumentul RBV, ce a fost înlocuit cu instrumentul TM (Thematic Mapper). Acest instrument achiziționa imagini în benzile albastru, verde, roșu, infraroșu apropiat, infraroșu mediu (2 benzi) și infraroșu termic. Deși acest satelit a avut o serie de probleme de transmisie a datelor, a funcționat până în 2001, din 1993 fiind folosit doar pentru telemetrie. <http://landsat.gsfc.nasa.gov/about/landsat4.html>

Figure 1: Acoperirea României în cele două sisteme de referință globale ale misiunii LANDSAT

Landsat-5 a fost lansat la 1 martie 1984, având aceleași caracteristici ca Landsat-4. Din cauza pierderii unui transmițător în 1987, datele înregistrate în afara granițelor SUA nu au mai putu fi transmise. În 1995 instrumentul MSS a fost oprit, iar instrumentul TM a fost neoperational între noiembrie 2005-ianuarie 2006. La ora actuală acest instrument încă mai achiziționează date.

Landsat-7 a fost lansat pe 15 aprilie 1999, purtând la bord instrumentul ETM+ (Enhanced Thematic Mapper). Acesta are o bandă pancromatică cu rezoluția de 15 m, un canal de infraroșu termic cu rezoluția de 60 m și alte îmbunătățiri, devenind cel mai acurat și stabil instrument de observație al Terrei. În mai 2003 după o defecțiune hardware, instrumentul si-a pierdut sistemul SLC (Scan Line Corrector) ducând la pierderea a 25% din fiecare scenă Landsat. <http://landsat.gsfc.nasa.gov/about/landsat7.html>

2 Detalii tehnice privind misiunea Landsat

Sateții Landsat sunt sateliți polari și geo-sincroni. Sateliții polari sunt acei sateliți care . Sateliții geo-sincroni sunt acei sateliți care .

Alitudinea orbitei satelitului a variat de la 900 km pentru Landsat-1-2-3, la 705 km pentru Landsat-4-5-7. Inclinarea a variat de la 99,2° pentru Landsat-1-2-3 până la 98,2° pentru Landsat-4-5-7. Ora de trecerea a ecuatorului a variat de la 9:42 AM timp local pentru Landsat-1-2-3 până la 9:45 (± 15 minute) pentru Landsat-4-5 și 10 AM (± 15 minute) pentru Landsat-7 (pe orbita descendentă). Perioada de revoluție a variat de la 103 minute cu ~ 14 orbite/zi pentru Landsat-1-2-3 până la 99 minute cu $\sim 14,5$ orbite/zi pentru Landsat-4-5-7. Timpul de revizitare a variat de la 18 zile pentru Landsat-1-2-3 până la 16 zile pentru Landsat-4-5-7. http://landsat.gsfc.nasa.gov/about/L1_td.html-http://landsat.gsfc.nasa.gov/about/L7_td.html

Pentru a poziționa scenele achizionate de către sateliții Landsat a fost creat WRS (Worldwide Reference System), un sistem de notare bazat pe doi parametri PATH și ROW, pentru definirea poziției fiecărei scene Landsat. <http://landsat.gsfc.nasa.gov/about/wrs.html>. Datorită diferențelor de geometrie a orbitei, misiunile LANDSAT 1-3 și LANDSAT 4-7 au sisteme de referință diferite.

Pentru sateliții Landsat 1-3 se utilizează sistemul de poziționare WRS-1. Acesta utilizează 251 de trasee orbitale (PATH), notate de la est la vest, cu numărul 001 la longitudinea -65,48. Aceste trasee de orbită apar ca urmare a faptului că orbita satelitului are o shiftare zilnică de 25,8 grade de longitudine la ecuator (2872 km), un ciclu întreg realizându-se în 18 zile, între latitudinile de +82° și -82°. De la zi la zi, orbitele se întrepătrund cu un procent de 14% la ecuator și 85% la $\pm 82^\circ$. Rândurile (ROW) se referă la linia centrală de latitudine a scenelor, scenele fiind obținute prin segmentarea imaginilor obținute în sistem continuu, la 25 de secunde timp intern al satelitului, nord și sud de ecuator. Într-o zi lumină pe un traseu orbital descendent sunt posibile 119 scene Landsat, cu lățime de 163 km, plus 10% arie de întrepătrundere a traseelor de orbită (5% pentru Landsat-3). Pentru o orbită completă, cu un sens ascendent și altul descendent, rezultă un număr de 248 scene. Numerele rândurilor sunt valabile pentru toate scenele aflate la aceeași latitudine: rândul 060 corespunde Ecuatorului, rândul 001 fiind la +80° 1' 12", iar rândul 119 la -80. Notăția de tip PATH-ROW identifică fiecare scenă. Pentru România codurile de identificare se pot observa în fig. 1.

Sateții Landsat-4-5-7 folosesc sistemul de poziționare WRS-2, deoarece orbita lor are o altitudine mai mică. Timpul de revizitare este de 16 zile, fiecare traseu de orbită fiind spațiat la 24,7° (2752 km) vest de precedentul. Procentul de întepătrundere a traseelor de orbită este de 7,3% la ecuator și 84% la 82. Sistemul de poziționare folosește aceleași coduri de tip PATH-ROW, dar numărul de trasee orbitale este de 233, numeroate de la 001 (-60,40°), de la est spre vest. Scenele sunt spațiate la 23,92 secunde timp al satelitului spre nord și sud de ecuator, creându-se 248 rânduri. Rândul 060 coincide cu Ecuatorul pe sectorul descendent de zi al orbitei, iar în cel ascendent rândul 184. Rândul 001 al fiecărui traseu orbital are o latitudine centrală de +81 51, iar numărul rândurilor crește spre sud până atinge numărul 122, la -81 51, apoi se îndreaptă spre nord, trecând Ecuatorul cu numărul 184 și continuă până la +81 51 cu numărul 246.

Adresa http://landsat.usgs.gov/tools_latlong.php pune la dispoziția un calculator pentru conversia unor coordonate lat long în Path și Row.

3 Caracteristicile imaginilor satelitare LANDSAT

Imaginile satelitare LANDSAT au

Satellite	Sensor	Band	Bandwidths (nm)	Spectra	Resolution (m)		
Landsat-1-2	RBV	1	0,48 - 0,57		80		
		2	0,58 - 0,68		80		
		3	0,70 - 0,83		80		
	MSS	4	0,5 - 0,6		79		
		5	0,6 - 0,7		79		
		6	0,7 - 0,8		79		
		7	0,8 - 1,1		79		
Landsat-3	RBV	1	0,505 - 0,75		40		
	MSS	4	0,5 - 0,6		79		
		5	0,6 - 0,7		79		
		6	0,7 - 0,8		79		
		7	0,8 - 1,1		79		
		8	10,4 - 12,6		240		
		Landsat-4-5	MSS	4	0,5 - 0,6		82
				5	0,6 - 0,7		82
6	0,7 - 0,8				82		
7	0,8 - 1,1				82		
TM	1			0,45 - 0,52		30	
	2			0,52 - 0,60		30	
	3			0,63 - 0,69		30	
	4		0,76 - 0,90		30		
	5		1,55 - 1,75		30		
	6		10,4 - 12,5		120		
	7		2,08 - 2,35		30		
Landsat-7	ETM+		1	0,45 - 0,52	Blue+Cyan	30	
			2	0,52 - 0,60	Green+Yellow	30	
			3	0,63 - 0,69	Orange+Red	30	
		4	0,76 - 0,90	NIR	30		
		5	1,55 - 1,75	lower SWIR	30		
		6	10,4 - 12,5	LWIR	60		
		7	2,08 - 2,35	upper SWIR	30		
		8	0,50 - 0,90	Cyan to NIR	15		

Table 1: Caracteristicile imaginilor satelitare LANDSAT

Figure 2: Accesarea datelor LANDSAT prin <http://glcf.umiacs.umd.edu/data/>

4 Surse de obținere a imaginilor satelitare LANDSAT

În cadrul misiunii Landsat-7, NASA este responsabilă pentru lansarea satelitului și dezvoltarea sistemului de procesare de la sol, iar USGS pentru captura, procesarea și distribuirea datelor, plus menținerea arhivei de date.

Centrul USGS EROS (Earth Resources Observation and Science)

Sursele de date Landsat:

GLOVIS <http://glovis.usgs.gov/>

Earth Explorer <http://edcsns17.cr.usgs.gov/NewEarthExplorer/>

Global Land Cover Facility (GLFC) <http://glcf.umiacs.umd.edu/data/> a procesat datele LANDSAT disponibile prin USGS și pune la dispoziție

Landsat Ecosystem Disturbance Adaptive Processing System (LEDAPS) <http://ledaps.nascom.nasa.gov/>

<http://www.landsat.org/>

Formate de stocare și de manipulare a imaginilor satelitare LANDSAT

5 Formatul GeoTIFF

6 Metadatele

7 Georeferențierea datelor LANDSAT

8 Reproiectarea datelor LANDSAT

9 Mozaicarea datelor LANDSAT

10 Pansharpen datelor LANDSAT

11 Umplerea datelor LANDSAT de tip -OFF

Preprocesarea și calibrarea imaginilor satelitare Landsat

12 Procesarea geometrică

Imaginile satelitare Landsat sunt procesate de către stațiile de control de la sol conform următoarelor standarde (http://landsat.usgs.gov/products_productinformation.php):

- Level 1T: Standard Terrain Correction, presupune corecții sistematice, radiometrice și geometrice prin încorporarea unor puncte de control din teren (setul GLS2005) și utilizarea unor modele numerice ale terenului (SRTM, NED, CED, DTED, GTOPO30);
- Level 1Gt: Systematic Terrain Correction, presupune corecții sistematice, radiometrice și geometrice (utilizând modele numerice ale altitudinii suprafeței terenului);
- Level 1G: Systematic Correction, presupune corecții sistematice, radiometrice și geometrice, derivate din date colectate de senzor și de satelit, acuratețea geometrică a produsului fiind sub 250 m (1 sigma) pentru zone joase din vecinătatea nivelului mării.

Funcție de sursa de unde au fost descărcate datele, nivelul de procesare poate fi diferit. Descărcarea datelor se face în format arhivat (.tgz, .gz), care la dezarhivare produce mai multe fișiere. Dacă nivelul de procesare este Level 1 Product Generation System (LPGS) (cazul scenelor Landsat-7 RTM+ din 1999 până astăzi, și a scenelor Landsat-4-5 Tm din 1982 până astăzi), printre fișierele obținute la dezarhivare se numără și

un fișier de metadate "MTL.txt". În acest fișier există o intrare numită "PRODUCT_TYPE = ".....". Dacă procesarea a fost efectuată de către NLAPS (National Land Archive Production System) între fișierele obținute la dezarhivare se obține un fișier "WO.txt". În acest fișier există o intrare numită "Processing Level:". http://landsat.usgs.gov/processing_level_of_the_Landsat_scene_I_have_downloaded.php

În cadrul programului GLS a fost realizată o postprocesare menită să reducă diferențele geometrice dintre difertiele serii de imagini Landsat, pentru a

13 Procesarea radiometrică

Procesarea radiometrică a datelor LANDSAT se face pentru obținerea unor valori analizabile din punct de vedere geofizic. Este ideală procesarea radiometrică înaintea celei geometrice, pentru că după procesarea geometrică, reeșantionarea introduce o generalizare a valorilor (citare). De multe ori însă acest lucru nu este posibil, deoarece imaginile disponibile sunt deja corectate geometric și/sau radiometric.

Procesarea necesită în primul rând transformarea datelor din formatul digital în radianța senzorului, apoi în reflectanță, existând și posibilitatea corectării reflectanței pentru influența atmosferei și topografiei.

Imaginile procesate în cadrul programului GLS, și disponibile prin , sunt procesate radiometric (citare).

Datele originale de radianță (L_λ) obținute de senzorul LANDSAT sunt obținute prin Chander et al. [2007]:

$$Q = (G \times L_\lambda) + B \tag{1}$$

$$L_\lambda = \frac{(Q - B)}{G} \tag{2}$$

din Q care reprezintă semnalul voltaic al senzorului (așa numitul Digital Number, cu valori între 0 și 255), B este eroarea sistematică (zgomotul de fundal - "bias") senzorului și G este amplificarea ("gain") senzorului, ambele exprimate în $W m^{-2} sr^{-1} \mu m^{-1}$. Datele privind G variază în timp, ele fiind modelate și stocate în LUT. Datele privind B sunt estimate din răspunsul dat de închiderea obturatorului, pentru fiecare linie de scanare.

În imaginile Landsat procesate conform conform specificațiilor L1 valoarea pixelilor este prezentată ca valori Q_{cal} (numere digitale calibrate), obținute ca urmare a procesării radiometrice, prin aplicarea ecuației 13 cu precizie de tip 32 biți floating-point. Aceste valori de radianță sunt apoi scalate la valori de tip 8 biți. convertite în format digital sub forma unor numere digitale (DN), prin scalare a valorilor între 0 și 255.

Transformarea valorilor digitale numerice în radianța satelitelui (L_{sat}) presupune utilizarea numerelor digitale (DN) și a factorilor de rescalare specifici fiecărei benzi spectrale (G_{rescal} și B_{rescal}) pentru imaginile Landsat 5 astfel Schroeder et al. [2006]:

$$L_{sat} = G_{rescal} \times DN + B_{rescal} = \frac{(B_{rescal} - DN)}{G_{rescal}} \tag{3}$$

și a pentru imaginile Landsat 7 astfel Schroeder et al. [2006]:

$$L_{sat} = \left(\frac{(LMAX_{sat} - LMIN_{sat})}{(DNMAX - DNMIN)} \times (DN - DNMIN) \right) + LMIN_{sat} \tag{4}$$

unde $LMAX_{sat}$ este radianța maximă spectrală a bandei scalată la $DNMAX$ [$W m^{-2} sr^{-1} \mu m^{-1}$], $LMIN_{sat}$ este radianța maximă spectrală a bandei scalată la $DNMIN$ [$W m^{-2} sr^{-1} \mu m^{-1}$], $DNMAX$ este numărul digital de calibrare maxim (255) iar $DNMIN$ este este numărul digital de calibrare minim (0 în cazul imaginilor și 1 în cazul imaginilor). Utilizarea formulei 13 ia în considerare setările și publicate în manualul Landsat Landsat et al. [2009].

Factorii menționați pot fi identificați în fișierului de metadate anex imaginilor satelitare (), sau au fost publicați . Unitatea de măsură a radianței satelitare este $W m^{-2} sr^{-1} \mu m^{-1}$.

Radianța satelitară se transformă în reflectanța a părții superioare a atmosferei (TOA):

$$\rho TOA = \frac{\pi \times L_{sat} \times d^2}{ESUN \cos \theta_s} \tag{5}$$

Banda	ESUN
1	1983
2	1796
3	1536
4	1031
5	220.0
6	NA
7	83.44

Tabela 2: Valorile ESUN pentru Landsat 5 TM Chander et al. [2009]

Banda	ESUN
1	1997
2	1812
3	1533
4	1039
5	230.8
6	NA
7	1362

Tabela 3: Valorile ESUN pentru Landsat 7 ETM+ Chander et al. [2009]

unde $\pi = 3.14159$, d este distanța Pământ-Soare în unități astronomice, $ESUN$ este iradianța exo-atmosferică solară medie, iar θ_s este unghiul solar zenital în grade (în cazul imaginilor Landsat acesta este 0).

Distanța Pământ-Soare este

Valori de referință pentru ESUN sunt redade de către Chander et al. [2009].

Cosinusul unghiului solar zenital este sinusul altitudinii Soarelui pe cer, parametru aflat în metadatele LANDSAT.

Corecția atmosferică presupune luarea în considerare a atenuării semnalului radiativ TOA de către atmosferă. Absorbția și reflexia radiației efectuată de aerosoli și vaporii de apă pot fi modelate printr-o serie de metode. Dintre cele mai utilizate menționăm DOS, SMAC MODTRAN ATCOR etc.

DOS

Corecția topografică presupune considerarea influenței topografiei în iluminarea suprafeței terestre, și de aici în posibilele variații ale reflectanței acesteia.

Normalizarea radiometrică relativă între imaginile corespunzătoare unor date diferite este ultimul proces de calibrare radiometrică, fiind și cel care poate introduce cele mai multe erori.

14 Tema acasă

Creați un compozit color 321 și 741, salvați ca imagine .png și trimiteți pe e-mail (niculita.mihai@gmail.com) fisierele .png tăiate.

Bibliografie

Gyanesh Chander, Brian L. Markham, and Julia a. Barsi. Revised Landsat-5 Thematic Mapper Radiometric Calibration. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 4(3):490–494, July 2007. ISSN 1545-598X. doi: 10.1109/LGRS.2007.898285. URL <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=4271443>.

Gyanesh Chander, Brian L. Markham, and Dennis L. Helder. Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. *Remote Sensing of Environment*, 113(5): 893–903, May 2009. ISSN 00344257. doi: 10.1016/j.rse.2009.01.007. URL <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0034425709000169>.

- The Landsat, Science Data User, Landsat Project, Science Office, Goddard Space, and Usgs Landsat. Landsat 7 science data users handbook. Technical report, 2009. URL http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov/handbook/handbook_toc.html.
- L. Rocchio and A. Davis. Bridging the divide: translating Landsat research into usable science. 100(2):80–1, February 2010. ISSN 0256-9574. URL <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20459902>.
- T Schroeder, W Cohen, C Song, M Canty, and Z Yang. Radiometric correction of multi-temporal Landsat data for characterization of early successional forest patterns in western Oregon. *Remote Sensing of Environment*, 103(1):16–26, July 2006. ISSN 00344257. doi: 10.1016/j.rse.2006.03.008. URL <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0034425706001179>.