

Admir Mulahusić *

UDK 528.8.
Pregledni rad

DALJINSKA ISTRAŽIVANJA

1. UVOD

U narodu je poznata izreka da slika vrijedi hiljadu riječi. Daljinsko istraživanje je dokaz te izreke. Mi doživljavamo naše okruženje preko naših pet čula. Neka čula (npr. čulo dodira i čulo okusa) zahtijevaju dodir čulnih organa sa objektom. Međutim sa druge strane tu su i čula (npr. čulo vida i čulo sluha), koja ne zahtijevaju bliski kontakt sa objektima. Rečeno drugim riječima mi provodimo daljinsko istraživanje cijelo vrijeme, tj. ljudski vizuelni sistem je dobar primjer sistema daljinskog istraživanja u uopćenom obliku. Općenito govoreći daljinsko istraživanje se odnosi na aktivnosti snimanja, opažanja, sagledavanja (sensing) objekata sa odstojanja (remote). Kod daljinskog istraživanja senzori nisu u direktnom kontaktu sa opažanim objektima. Elektromagnetno zračenje se upotrebljava kao nosilac informacija u daljinskom istraživanju. Kao izlazni podatak dobivamo sliku opažanog objekta. Slijedeći korak je obrada (analiza i interpretacija) slike, a u cilju dobivanja korisnih informacija sa slike. Daljinsko istraživanje je definirano mnogo puta do sada. Jedna od definicija kaže da je:

Daljinsko istraživanje je praksa dobivanja informacija o zemljinim i vodenim površinama upotrebom slika napravljenih iz ptičije perspektive uz upotrebu elektromagnetnog zračenja u jednom ili više područja elektromagnetnog spektra reflektiranog ili emitiranog od zemljine površine.

Dvije karakteristike elektromagnetnog zračenja su izuzetno važne za razumijevanje daljinskog istraživanja, a to su talasna dužina i frekvencija. Talasna dužina se mjeri u (linearnim vrijednostima: nanometrима, mikrometrима, milimetrима i centimetrима), a simbol za talasnu dužinu je grčko slovo lambda (λ). Frekvencija se obično mjeri u Hercima (Hz). Talasna dužina i frekvencija su u slijedećem odnosu:

$$c = \lambda v$$

gdje su:

- λ – talasna dužina
- v – frekvencija (krugovi u sekundi, Hz)
- c – brzina svjetlosti (~300000 km/sec).

Iz formule je jasno da što je kraća talasna dužina viša je frekvencija, a što je duža talasna dužina frekvencija je niža.

Sa izuzetkom objekata koji su na apsolutnoj nuli, svi objekti emituju elektromagnetno zračenje. Sva pitanja aplikacija daljinskog istraživanja leže na razumijevanju elektromagnetnog zračenja i njegovog odnosa (i djelovanja) sa zemljinom površinom, atmosferom i instrumentima. Najpoznatija forma elektromagnetnog zračenja je vidljiva svjetlost, koja predstavlja mali (ali važan) dio elektromagnetnog spektra. U slijedećoj tabeli data su područja elektromagnetnog spektra:

* Asis. Admir Mulahusić, dipl.inž.geod., Građevinski fakultet Sarajevo

Podjela	Limiti
Gama zruci	<0.03 nm
X zruci	0.03-300 nm
Ultraljubičasto zračenje	0.30-0.38 μm
Vidljivi spektar	0.38-0.72 μm
Infracrveno zračenje	
Bliže infracrveno	0.72-1.30 μm
Srednje infracrveno	1.30-3.00 μm
Dalje infracrveno	7.0-1000 μm (1 mm)
Mikrotalasno zračenje	1 mm-30 cm
Radio talasi	≥ 30 cm

2. KLJUČNI PERIODI U RAZVOJU DALJINSKOG ISTRAŽIVANJA

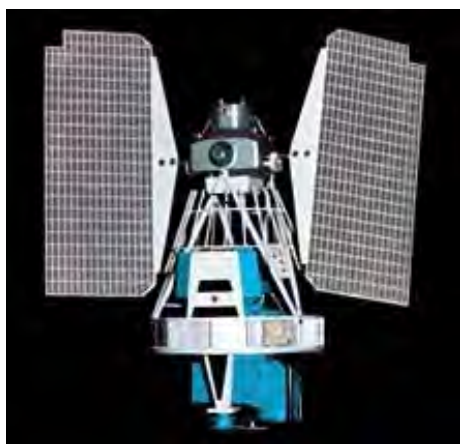
U slijedećoj tabeli dat je prikaz ključnih perioda u razvoju daljinskog istraživanja kao naučne oblasti:

<i>Period</i>	<i>Otkriće</i>
1800	Otkriće infracrvene svjetlosti - Sir William Herschel;
1839	Početak prakse upotrebe fotografije;
1847	Dio infracrvenog spektra koji dijeli osobine sa vidljivom svjetlošću;
1850-1860	Fotografiranje iz balona;
1873	Teorija elektromagnetne energije koju je razvio James Clerk Maxwell;
1909	Fotografiranje iz aviona;
1910-1920	Prvi svjetski rat: avio izviđanje;
1920-1930	Razvoj i inicijalne aplikacije aerofotogrametrije;
1930-1940	Razvoj radara u Njemačkoj, Sjedinjenim Američkim Državama i Velikoj Britaniji;
1940-1950	Drugi svjetski rat: aplikacije nevidljivog dijela elektromagnetnog spektra; obuka kadrova u dobivanju i obradi aero snimaka;
1950-1960	Vojna istraživanja i razvoj;
1956	Colwell-ova istraživanja na otkrivanju bolesti kod žitarica pomoću infracrvene fotografije;
1960-1970	Prve upotrebe termina "Daljinska istraživanje"; pojava meteorološkog satelita TIROS; Skylab opažanja iz svemira;
1972	Lansiranje satelita Landsat 1;
1970-1980	Brzi razvoj u obradi digitalne slike;
1980-1990	Landsat 4: nova generacija Landsat senzora;
1986	(SPOT) Francuski satelit za opažanje zemlje;
1980-e	Razvoj hiperspektralnih senzora.

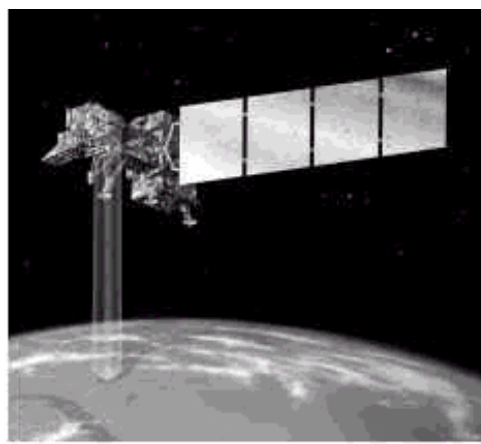
3. SATELITI U DALJINSKOM ISTRAŽIVANJU

Kao što se vidi i iz gornje tabele, serija bitnih otkrića se desila od 1960-ih sa lansiranjem prvog meteorološkog satelita (TIROS-1). Ovaj satelit je prvenstveno bio dizajniran za potrebe klimatoloških i meteoroloških opažanja, ali je predstavljao osnovu za kasniji razvoj satelita za opažanje zemljine površine. Tokom istog perioda dio opreme za daljinsko istraživanje je prevashodno bio razvijan za vojne potrebe i kao takav klasificiran kao vojna tajna. Ova oprema je proširila aero opažanja van vidljivog spektra u infracrvena i mikrotalasna područja. I upravo tada se prvi put pojavljuje termin "daljinsko istraživanje". Taj termin je uvela naučnik Evelyn Pruitt. Ona je zaključila da termin "aerofotografija" više ne zadovoljava kriterije. U ranim 60-im godinama NASA (U.S. National Aeronautics and Space Administration) osniva program za istraživanje na polju daljinskog istraživanja. Tokom istog perioda NAS (U. S. National Academy of Sciences-Američka Akademija nauka) je istraživala mogućnosti primjene daljinskog istraživanja na polju poljoprivrede i šumarstva.

1972. godine lansirani su sateliti Landsat 1- prvi od mnogih zemljinih satelita dizajniranih za opažanja zemljine površine. Landsat je po prvi puta pružao sistematična i ponavljajuća opažanja zemljine površine. Najvažnija dostignuća Landsat-a su u rutinskoj dostupnosti multispektralnih podataka velikih regiona zemljine površine i u rapidnom širenju upotrebe digitalnih analiza.



Landsat 1



Landsat 7

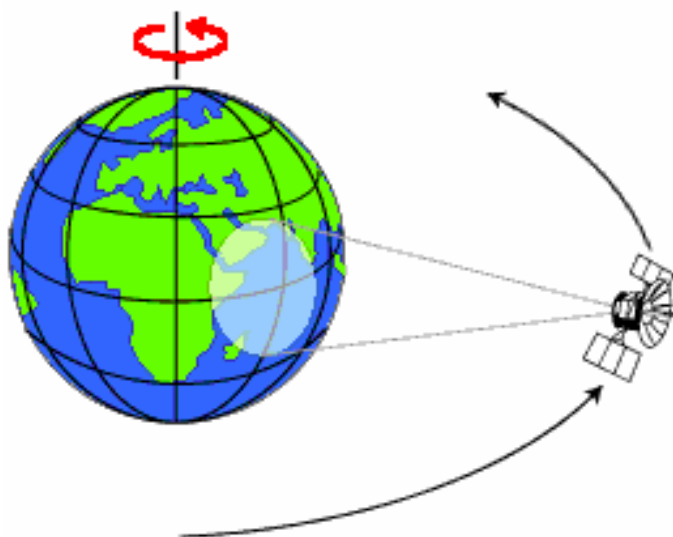
Landsat sistem se sastoji od senzora koji opažaju zemlju i šalju informacije (pomoću mikrotalasnih signala) stanicama na zemlji gdje se iste i obrađuju. Prvi Landsat sistemi imali su dva senzorska sistema (RBV – the return beam vidicon i MSS – multispectral scanner subsystem). RBV je bio sistem koji je imao oblik kamere, a bio je dizajniran da pruži visoku geometrijsku tačnost, ali u isto vrijeme imao je nizak nivo spektralnog i radiometrijskog detalja. Nasuprot prethodnom MSS senzorski sistem bio je

dizajniran da pruži finiji detalj, ali je imao manju položajnu tačnost. Kako su kod RBV-a tehničke poteškoće bile veće to je primat preuzeo MSS kao glavni Landsat senzor. Druga generacija Landsat satelita (Landsat 4 i Landsat 5) imali su MSS senzore i TM (thematic mapper) senzore kao verziju poboljšanih MSS senzora.

U slijedećoj tabeli dato je vrijeme Landsat misija i vrste senzora na pojedinim satelitima:

Satelit	Lansiran	Prestao sa radom	Glavni senzori
Landsat 1	23.06.1972.	06.01.1978.	MSS, RBV
Landsat 2	22.01.1975.	27.07.1983.	MSS, RBV
Landsat 3	05.03.1978.	07.09.1983.	MSS, RBV
Landsat 4	16.07.1982.	---	TM, MSS
Landsat 5	01.03.1984.	---	TM, MSS
Landsat 6	05.10.1993.	Uništen pri lansiranju	ETM
Landsat 7	15.04.1999.	---	ETM+

Bitno je naglasiti da su sateliti smješteni u orbite koje najbolje odgovaraju karakteristikama senzora koje nose, te ciljevima misije.



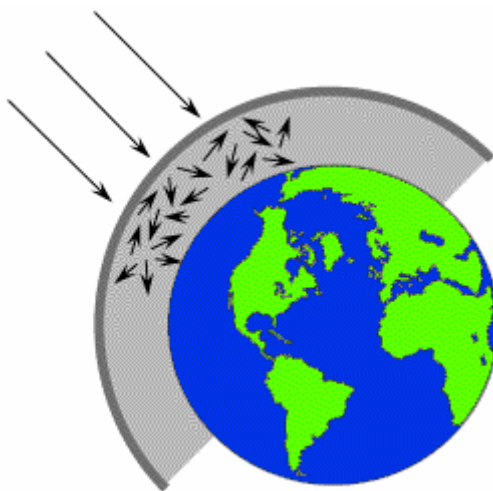
Geostacionarna orbita

Geostacionarne orbite su idealne za meteorološke i komunikacijske satelite, koji su dizajnirani tako da održavaju konstantan položaj u odnosu na jedan određeni dio zemljine površine.

Naučnici iz Jet Propulsion Laboratory (Pasadena, California) 80-ih godina su počeli su, uz pomoć NASA agencije, da rade na razvoju senzora koji bi mogli stvoriti slike zemljine površine sa izuzetno velikom tačnošću. Ovi senzori su otvorili put za razvoj hiperspektralnog daljinskog istraživanja.

4. EFEKTI ATMOSFERE

Zračenje upotrijebljeno u daljinskom istraživanju prolazi kroz zemljinu atmosferu. Ako je senzor na nisko letećem avionu utjecaji atmosfere na kvalitet slike su zanemarljivi, ali nasuprot tome kada je u pitanju satelit ti isti utjecaji nisu zanemarljivi. Kako sunčeva energija prolazi kroz atmosferu to je podložna modifikaciji nekoliko fizičkih procesa uključujući raspršivanje, apsorpciju te refrakciju. Raspršivanje je promjena smjera elektromagnetne energije zbog čestica koje su u atmosferi, ili velikih molekula atmosferskih gasova. Dio zračenja mijenja smjer i vraća se u svemir, a dio i odlazi ka zemljinoj površini.



Raspršivanje

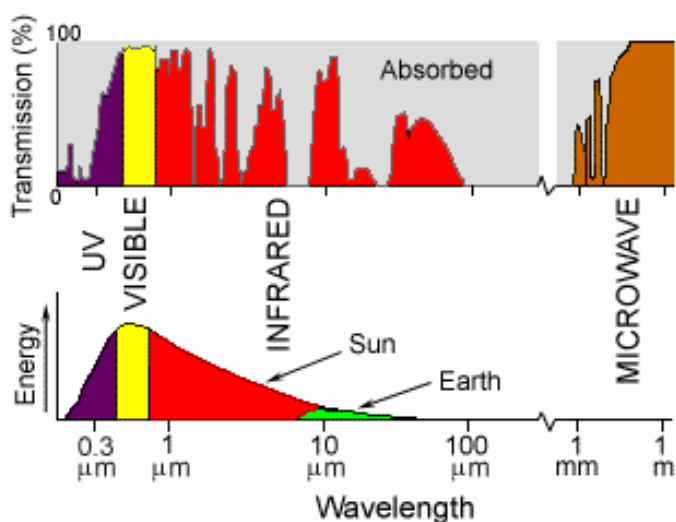
Refrakcija je lom svjetlosnih zraka na kontaktu između dva medija, koji odašilju svjetlosne zrake. Poznati primjeri su objektivni kamera ili lupe koje uvećavaju slike. Refrakcija se dešava i u atmosferi pošto svjetlost prolazi kroz slojeve različite gustoće (čistoće, vlažnosti i temperature). Pod uobičajenim okolnostima maksimalna refrakcija svjetlosti koja ulazi ili izlazi iz atmosfere je oko 0.5 stepeni. Indeks refrakcije (n) je odnos između brzine svjetlosti u vakumu (c) i brzine u medijumu (c_n):

$$n=c/c_n$$

Apsorpcija (upijanje) zračenja se dešava kada atmosfera preventira ili jako smanjuje transmisiju zračenja ili njegove energije kroz atmosferu. Tri gasa su zaslužna za većinu apsorbaranja sunčevog zračenja. Ozon (O_3) koji je formiran interakcijom visoko energetske ultraljubičaste zračenja sa molekulima kisika, je visoko u atmosferi (maksimalne koncentracije su na visinama od 20 do 30 km u stratosferi). Koncentracija ozona je manja na nižim visinama. Karbon dioksid (CO_2) se nalazi u nižim slojevima atmosfere i u manjim koncentracijama. Izuzetno je bitan u daljinskom istraživanju jer apsorbuje zračenja u srednjim i daljim područjima infracrvenog spektra. Vodeni vapor (H_2O) se nalazi u nižoj atmosferi (na visinama manjim od 100 km) i u iznosima od 0 do 3% volumena. U pustinjama se nalazi u zanemarljivo malom obimu. Inače je vodeni vapor nekoliko puta efektivniji u apsorbaranju zračenja nego li svi ostali gasovi zajedno.

5. ATMOSFERSKI PROZORI

Gasovi u atmosferi predstavljaju značajnu prepreku elektromagnetnom zračenju. Atmosfera selektivno transmitira energiju određenih talasnih dužina, pa se u tom slučaju nadovezujemo na "Atmosferske prozore". To je pojam koji je čest u daljinskom istraživanju. Oni definiraju one talasne dužine koje mogu biti upotrijebljene za formiranje slika. U srednjem i daljem infracrvenom području najznačajniji prozor se proteže od 3.5 do 4.1 μm i od 10.5 do 12.5 μm .



Atmosferski prozori

6. INTERAKCIJE (ODNOSI) ENERGIJE I ATMOSFERE

Od 100 jedinica kratkotalasnog zračenja, koji dosegnu vanjski rub atmosfere, 3 su apsorbirana u stratosferi. Od 97 preostalih 25 su reflektirani od oblaka, a 19 su apsorbirani od prašine i gasova u nižoj atmosferi, 8 se reflektira od zemlje (ova cifra varira od vrste zemljišta), a oko 45 se odmah apsorbira od strane Zemlje (što iznosi oko 50% od ukupnog broja jedinica). Tih 45 jedinica je apsorbirano od strane Zemlje, a nakon toga opet zračeno od strane zemlje. Iz Bečkog zakona premještanja znamo da Zemlja, koja je mnogo hladnija od sunca, emituje zračenja sa mnogo dužim talasnim dužinama nego Sunce.

7. INTERAKCIJE (ODNOSI) SA POVRŠINAMA

Elektromagnetna energija koja dolazi do zemljine površine mora biti reflektirana, apsorbirana ili transmitirana (propustljiva). Proporcija ovisi od površine, talasne dužine energije i ugla osvjetljenja.

◆ REFLEKSIJA

se dešava kada zraka svjetlosti mijenja smjer pri pogađanju netransparentne površine. Ako je površina glatka i ravna upadni ugao je jednak izlaznom (reflektiranom). Ako je površina relativno neravna ona se ponaša kao difuzni ili izotropni reflektor. Energija se rasipa manje ili više jednako u svim pravcima.

◆ TRANSMISIJA

se dešava kada zračenje prolazi kroz tvari bez signifikantnog slabljenja. Propustljivost se može izraziti kao omjer:

$t = \frac{\text{transmitirano zračenje}}{\text{početno zračenje}}$

U daljinskom istraživanju propustljivost (transmittance) filmova i filtera je od velikog značaja.

8. MODELI DALJINSKOG ISTRAŽIVANJA

Daljinsko istraživanje se bazira na jednoj od tri forme, a ovisi od talasne dužine i svrhe, tj. cilja daljinskog istraživanja.

Najjednostavnija forma je snimanje reflektiranja sunčevog zračenja od zemljine površine. Ova forma daljinskog istraživanja koristi energiju u vidljivom i bližem infracrvenom dijelu spektra. Ključni parametri su: čistoća atmosfere, spektralne osobine objekata, ugao i intenzitet sunčevog zraka, izbor filma, filtera, itd. Ova forma se vezuje uz fotografiju (fotogrametrija).

Druga strategija se zasniva na snimanju zračenja emitiranog sa zemljine površine. Ovdje su potrebni posebni instrumenti, jer je emitirana energija najjača u daljem infracrvenom dijelu spektra. Emitirana energija sa zemlje je u najvećoj mjeri dobivena iz kratkotalasne energije sa Sunca koja je bila apsorbirana a onda opet zračena na dužim talasnim dužinama. Dobar primjer ove strategije su skeneri (termografija).

I konačno treća klasa instrumenata daljinskog istraživanja generira sopstvenu energiju, a zatim snima refleksiju te energije sa zemljine površine. Ovi senzori su aktivni, tj. imaju svoj sopstveni izvor energije i neovisni su od sunčevog i terestričkog zračenja. Uz ovu treću klasu se vezuju radari (radarski "snimci").

LITERATURA

- 1) James B. Campbell: Introduction to remote sensing, London 1996.
- 2) Prof. Dr. Faruk Selesković: Pisana predavanja o daljinskom istraživanju, Sarajevo 2000.
- 3) CCRS (WEB SITE): Fundamentals of Remote Sensing, 1998.
- 4) Centre for Remote Imaging, Sensing and Processing (CRISP) National University of Singapore and SPOT ASIA Pte Ltd, Singapore (WEB SITE): Space Views of Asia, Singapore 1997.

Sažetak:

Ovaj tekst se bavi temom daljinskog istraživanja. Date su neke osnovne informacije o daljinskom istraživanju i osnovni principi. Kako je praksa daljinskog istraživanja relativno nova to još uvijek nisu u potpunosti poznati svi fakti i metode. Naučnici još uvijek rade na tome da definiraju mnoge metode i koncepte vezane za daljinsko istraživanje.

REMOTE SENSING

Abstract:

The paper deals with the topic of remote sensing. I tried to give some basic information concerning this subject and their basic principles. The practice of remote sensing is young enough that the basic facts and methods are not known completely. Scientists are still investigating approaches to define many of the fundamental methods and concepts central to remote sensing.