



Virgil Mihai G.M. Rădulescu

Gheorghe M.T. Rădulescu

# Teledetecție Partea I. Fundamente

U.T. PRESS  
Cluj-Napoca, 2020  
ISBN: 978-606-737-456-8

Virgil Mihai G.M. RĂDULESCU

Gheorghe M.T. RĂDULESCU

# Teledetecție Partea I. Fundamente



U.T. PRESS  
Cluj-Napoca, 2020  
ISBN: 978-606-737-456-8



Editura U.T.PRESS  
Str. Observatorului nr. 34  
C.P. 42, O.P. 2, 400775 Cluj-Napoca  
Tel.:0264-401.999  
e-mail: [utpress@biblio.utcluj.ro](mailto:utpress@biblio.utcluj.ro)  
<http://biblioteca.utcluj.ro/editura>

Director: ing. Călin Câmpean

Recenzia: Conf.univ.dr.ing. Tudor Borșan  
Conf.univ.dr.ing. Mihai Herbei

Copyright © 2020 Editura U.T.PRESS

Reproducerea integrală sau parțială a textului sau ilustrațiilor din această carte este posibilă numai cu acordul prealabil scris al editurii U.T.PRESS.

**ISBN 978-606-737-456-8**

**Cuvânt înainte,**

Astăzi, la data când redactez aceste cuvinte la apariția primei părți a manualului nostru de Teledeteție, am căutat informații accesând cu denumirea oficială a domeniului “Remote Sensing”, lansată în SUA, și am găsit în Google 142.000.000 de rezultate.

Debutul oficial al acestui important domeniu a avut loc în anul 1972 prin lansarea primului satelit pentru cercetarea și inventarierea resurselor Pământului, ERTS 1 (Earth Resources Technology Satellite), program care a continuat sub denumirea LANDSAT, fiind cel mai vast program în domeniul teledeteției satelitare cu caracter comercial.

În acel an profesorul Nicolae Oprescu, de la Facultatea de Geodezie a Institutului de Construcții București este invitat la Canadian Symposium on Remote Sensing, 1st, Ottawa, 1972. Se întoarce cu imagini satelitare pentru România, plin de entuziasm despre potențialul noului domeniu, și pornește activitatea de cercetare în domeniu, prima acțiune de acest gen din țara noastră. Obține sprijin să construiască în Delta Dunării un poligon experimental de un hectar, care este realizat în câteva luni, devenind operațional pentru întregul program.

În 1973 eram în penultimul an al facultății, și profesorul ne întreabă pe noi studenții cu rezultate bune până în acel moment: “Cine dorește să facă cercetare în domeniul Teledeteției?”. M-am înscris, cu un imbold care avea să-mi marcheze fericit toată viața. Am ales o temă de cercetare sugerată de profesor, “Studiul poluării Deltei Dunării pe bază de imagini satelitare”. Am colaborat atunci cu profesorul Nicolae Oprescu, pe care eu îl consider părintele Teledeteției românești și cu profesorul Virgil Calistru, specialist în Fotogrammetrie.

Am continuat până la absolvire, elaborând lucrarea de diploma cu denumirea menționată și care a devenit astfel prima lucrare de acest nivel, din domeniul Teledeteției, elaborată în România.

Am acceptat provocarea făcută de Mihai, acum un an să scriem împreună această primă parte a acestei importante științe Teledeteția, având în memorie tot ce am scris mai sus.

Personal, dedic manualul memoriei dascălilor mei:

**Prof.univ.dr.ing. Nicolae Oprescu**

**Prof.univ.dr.ing. Virgil Calistru**

Gheorghe M.T. Rădulescu

## Prefață

Termenul de „Teledeteție” provine din limba engleză, “Remote Sensing”, ce semnifică „detectare de la distanță” și a fost introdus prima dată în literatură, în Statele Unite ale Americii, la mijlocul anilor 50, de către cercetătoare E. Pruitt, din cadrul Administrația Națională a Océanelor și Atmosferei din Statele Unite (NOAA).

Teledeteția este domeniul tehnic care se ocupă cu detectarea, măsurarea, înregistrarea și vizualizarea sub formă de imagini, a radiațiilor electromagnetice, emise de obiecte și fenomene de pe Pământ sau din Univers, de la distanță, fără a avea contact direct cu acestea. Pe baza acestor imagini pot fi stabilite caracteristici calitative și cantitative ale obiectelor și fenomenelor analizate, necesare tuturor domeniilor de activitate ce operează în studierea suprafețelor terestre.

În cadrul Specializării Măsurători terestre și Cadastru din Universitatea Tehnică din Cluj Napoca, Teledeteția se studiază în anul IV, în Semestrul II. Prezenta lucrare este un suport de curs pentru prima jumătate a materiei parcurse, conținând 7 capitole, 229 de pagini și 650 citări bibliografice.

Am prezentat citările bibliografice la sfârșitul fiecărui capitol, deoarece fiind foarte multe, ar fi fost greu de accesat dacă erau prezentate la sfârșitul lucrării.

Autorii au încercat să elaboreze o lucrare, cât mai explicită, didactică, prin care cei care o analizează să poată înțelege complexitatea, importanța și oportunitățile acestui foarte important domeniu al Geomaticii.

**Autorii**  
**Virgil- Mihai G.M Rădulescu**  
**Gheorghe M.T. Rădulescu**

## Cuprins

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. Teledeteția – tehnică alternativă pentru cartarea unor zone întinse.....</b>  | <b>1</b>  |
| 1.1.Definirea Teledeteției.....   | 1         |
| 1.2.Scurt istoric al evenimentelor, invențiilor, aplicațiilor care au condus și au favorizat apariția Teledeteției .....                          | 2         |
| 1.3.Principii generale ale Teledeteției .....   | 7         |
| 1.4.Principalele aplicații ale Teledeteției .....   | 11        |
| Bibliografie Capitolul 1 .....  | 15        |
| <b>2. Spectrul electromagnetic, Senzori activi și pasivi, Rezoluția imaginilor digitale, Imagini pancromatice și imagini multispectrale .....</b> | <b>18</b> |
| 2.1.Spectrul electromagnetic .....  | 18        |
| 2.2.Senzori activi și pasivi .....  | 21        |
| 2.3.Rezoluția imaginilor digitale.....  | 22        |
| 2.4.Imagini pancromatice și imagini multispectrale.....   | 23        |
| Bibliografie Capitolul 2.....   | 31        |
| <b>3. Platforme utilizate în teledeteție, Sisteme satelitare pasive .....</b>   | <b>32</b> |
| 3.1.Platforme utilizate în teledeteție.....   | 32        |
| 3.2.Sisteme satelitare pasive.....  | 46        |
| Bibliografie Capitolul 3.....   | 61        |
| <b>4. Sisteme satelitare active .....</b>   | <b>64</b> |
| 4.1.Definirea conceptului. Prezentare generală .....  | 64        |
| 4.2.Categorii de senzori activi.....  | 65        |
| Bibliografie Capitolul 4.....   | 108       |

|  |            |
|--|------------|
| <b>5. Imagini satelitare. Rezoluția imaginilor satelitare. Înregistrări pancromatice, multispectrale și hiperspectrale .....</b>   | <b>116</b> |
| 5.1.Scurt istoric .....  | 116        |
| 5.2.Caracteristici ale datelor oferite de imaginile din satelit.....   | 118        |
| 5.3.Exemple de imaginile preluate din satelit, cele mai semnificative programe satelitare care au ca rezultat imagini ale suprafețelor terestre cu diferite destinații ..... | 124        |
| 5.4.Înregistrări pancromatice, multispectrale și hiperspectrale.....   | 148        |
| Bibliografie Capitolul 5.....  | 159        |
| <b>6. Corecții atmosferice, radiometrice, geometrice. Prelucrări digitale ale imaginilor satelitare.....</b>   | <b>165</b> |
| 6.1.Corecțiile atmosferice .....   | 165        |
| 6.2.Corecții radiometrice.....   | 167        |
| 6.3.Corecții geometrice .....  | 173        |
| 6.4.Prelucrări digitale ale imaginilor satelitare. Noțiuni teoretice.....  | 177        |
| 6.5.Prelucrări digitale ale imaginilor satelitare. . Softuri de imagistică digitală.....   | 183        |
| Bibliografie Capitolul 6.....  | 204        |
| <b>7. Georeferențierea .....</b>   | <b>208</b> |
| 7.1.Definire, Noțiuni generale.....  | 208        |
| 7.2.Georeferențierea unei hărți scanate.....   | 208        |
| A. Georeferențierea cu Global Mapper v21.1 32-bit de la Blue Marble Geographics .....  | 208        |
| B. Georeferențierea cu Google Earth Pro.....   | 212        |
| C. Georeferențierea cu QGIS .....  | 222        |
| D. Georeferențierea cu ArcGIS .....  | 227        |
| Bibliografie Capitolul 7.....  | 229        |

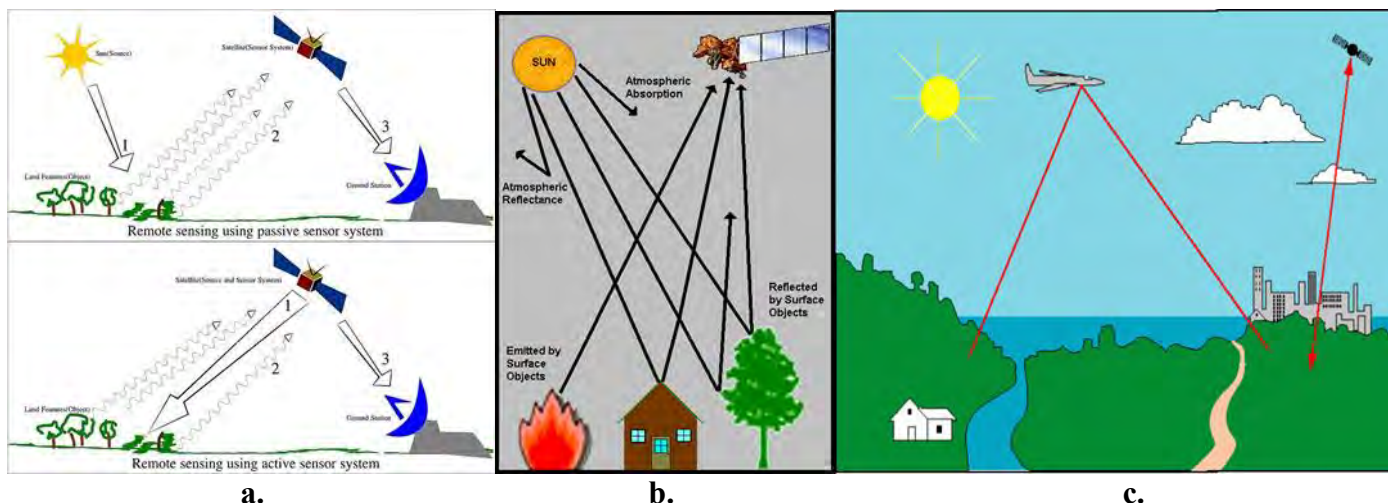
## 1. Teledeteția – tehnică alternativă pentru cartarea unor zone întinse

### 1.1. Definierea Teledeteției

Termenul de Teledeteție a apărut în țara noastră ca o adaptare a denumirii Teledetection, dată în franceză versiunii inițiale a acestei discipline Remote sensing, care semnifică în engleză, detectare de la distanță. Termenul a apărut în Statele Unite ale Americii, în anii 50, cel mai probabil acordat de cercetătoarea Evelyn Pruitt[1], care activa în cadrul Oficiului SUA de Cercetări navale. De la apariție, până în prezent, s-au emis mai multe definiții ale Teledeteției. De reținut următoarele variante:

- *Teledeteția este știința obținerii informațiilor despre obiecte sau zone de la distanță, de obicei de la aeronave sau sateliți.*(definiție dată de [2]. The National Ocean Service, <https://oceanservice.noaa.gov/facts/remotesensing.html>).
- *Teledeteția este procesul de obținere a informațiilor despre un obiect sau fenomen fără a face contact fizic efectiv cu acesta, spre deosebire de observarea la fața locului sau detectarea la fața locului. Acest lucru necesită adesea utilizarea tehnologiilor cu senzori aerieni, cum ar fi cele utilizate în avioanele de recunoaștere și sateliți, pentru a detecta și analiza obiecte de pe Pământ, de obicei la suprafață.* (definiție dată de [3]. Techopedia, <https://www.techopedia.com/definition/1939/remote-sensing>).
- *Știința - și arta - de identificare, observare și măsurare a unui obiect fără a intra în contact direct cu acesta. Acest proces implică detectarea și măsurarea radiațiilor de diferite lungimi de undă reflectate sau emise de la obiecte sau materiale îndepărtate, prin care acestea pot fi identificate și clasificate în funcție de clasă / tip, substanță și distribuție spațială.* (definiție dată de [4]. NASA, Earth Observatory, <https://earthobservatory.nasa.gov/features/RemoteSensing>).
- *Teledeteția este definită ca fiind știința și tehnologia prin care caracteristici ale obiectelor de interes pot fi identificate fără contact direct* (definiție dată de [5]. Lal Samarakoon, Director, Geoinformatics Center, AIT, Senior Scientist, JAXA, [https://www.isprs.org/caravan/documents/Lao\\_Basic\\_RS.pdf](https://www.isprs.org/caravan/documents/Lao_Basic_RS.pdf)).
- *Teledeteția este procesul de detectare și monitorizare a caracteristicilor fizice ale unei zone prin măsurarea radiației reflectate și emise la o distanță de zona vizată. Camerele speciale colectează imagini senzitive de pe Pământ, care îi ajută pe cercetători să „înțeleagă” lucruri despre Pământ.*(definiția [6]. United States Geological Survey, [https://www.usgs.gov/faqs/what-remote-sensing-and-what-it-used?qt-news\\_science\\_products=3#qt-news\\_science\\_products](https://www.usgs.gov/faqs/what-remote-sensing-and-what-it-used?qt-news_science_products=3#qt-news_science_products)).
- *Teledeteția este arta și știința de a înregistra, măsura și analiza informații despre un fenomen de la distanță. Pentru a studia suprafețe mari din suprafața Pământului, geograful folosesc dispozitive cunoscute sub numele de senzori de la distanță. Acești senzori sunt montați pe platforme precum elicoptere, avioane și sateliți care fac posibilă observarea senzorilor de pe Pământ.*(definiție dată de [7]. Paul R. Baumann, Professor of Geography (Emeritus), State University of New York, College at Oneonta, INTRODUCTION TO REMOTE SENSING, <http://employees.oneonta.edu/baumanpr/geosat2/RS-Introduction/RS-Introduction.html>)





**Figura 1.1. Ilustrarea principiului Teledeteției(Sursa a. [8], b. [9], c. [10-11])**

Ca o concluzie a definițiilor identificate anterior se poate afirma că Teledeteția analizează calitativ și cantitativ(detectează, înregistrează, interpretează) diferite fenomene, stări, corpuri, suprafețe pe baza unor imagini preluate de la distanță de către senzori montați pe drone, avioane sau sateliți(Figura 1.1.).

## **1.2. Scurt istoric al evenimentelor, invențiilor, aplicațiilor care au condus și au favorizat apariția Teledeteției[1, 12-21]**

“Tehnologia de teledeteție modernă a început odată cu inventarea aparatului foto acum mai bine de 150 de ani. Termenul "fotografie" este derivat din două cuvinte grecești care înseamnă "lumină" (phos) și "scriere" (graphien). Deși primele fotografii, destul de primitive, au fost făcute ca „nemișcate” pe pământ, ideea și practica de a privi în jos pe suprafața Pământului au apărut în anii 1840, când fotografiile au fost făcute de la camerele de filmat fixate pe baloane legate în scopul cartografierii topografice. Până la primul război mondial, camerele montate pe avioane ofereau vederi aeriene ale suprafețelor destul de mari care s-au dovedit neprețuite în recunoașterea militară. De atunci și până la începutul anilor 1960, fotografia aeriană a rămas unicul instrument standard pentru înfățișarea suprafeței dintr-o perspectivă verticală sau oblică”[1]. În ciuda complexității semnificative a unor echipamente moderne, toate camerele se bazează pe aceleași caracteristici esențiale. Lumina intră într-o incintă întunecată(camera) printr-o mică deschidere, a cărei dimensiune poate fi controlată mecanic. Un obturator este deschis și închis pentru a admite lumina pentru o anumită perioadă de timp.

În interiorul camerei, o lentilă adună și concentrează lumina, focalizând-o pe un câmp sensibil la lumină din spatele camerei - filmul. Astăzi putem avea o cameră digitală care folosește în mod esențial tablouri de detectoare pentru a înregistra nivelurile de energie incidente.

Până ca să se ajungă la aceste înregistrări au existat momente în istorie care au contribuit la apariția fotografiei și apoi a teledetecției. Următoarele reprezintă o listă a unor date importante din istoria cronologică a fotografie, interpretare fotografică aeriană și teledetecție. De menționat și reținut aceste repere istorice, prezentate în continuare.

- Circa 336-323 î. Hr. - Aristotel consideră lumina ca o calitate nu ca o substanță reală. Aristotel a remarcat că unele obiecte au potențial de transparentă.
- 1038 d.Hr. - Al Hazen din Basra este creditat cu explicația principiului obscurii camerei
- 1267 - Roger Bacon folosește principiul camerei obscure pentru a crea iluzii optice cu lumina soarelui
- 1490 - Leonardo da Vinci descrie în detaliu principiile care stau la baza camerei obscure.
- 1572 - Friedrich Risnor a realizat imagini fotografice folosind o cameră foto miniaturizată.
- 1614 - Angelo Sala descoperă că sărurile de argint se întunecă atunci când sunt expuse la lumina soarelui.
- 1666 - Sir Isaac Newton, în timp ce experimenta cu o prismă, a descoperit că poate dispersa lumina într-o spectru de roșu, portocaliu, galben, verde, albastru, indigo și violet. Folosind o a doua prismă, a descoperit că el ar putea recombina culorile în lumina albă.
- 1676 - Johann Christopher Sturm, profesor de matematică, introduce principiul lentilelor relaxare prin care o oglindă este montată la un unghi de 45 de grade care proiectează imaginea. Aceasta este dezvoltarea esențială care a dus la modernul aparat foto reflex cu lentile.
- 1777 - Carl Wilhelm Scheele, chimist suedez, descoperă acel cromat de argint întunecat de expunerea la lumina soarelui care ar putea fi clătit cu amoniac, lăsând cristale cromatice de argint neexpuse formează o imagine „fixă”, precursora a fotografiei moderne.
- 1802 - Thomas Young prezintă concepte de bază ale Teoriei Young-Von Helmholtz despre culoare
- 1827 - Niepce face prima fotografie a naturii folosind o cameră obscură, o emulsie de bitum de Iudeea(substanță rășinoasă) și ulei de lavandă pentru a produce imaginea.
- 1839 - William Henry Fox Talbot inventează o nouă metodă de fotografie, un sistem de imagistică pe nitrat de argint din hârtie tratată cu cromat de argint și folosind o soluție fixativă de clorură de sodiu. Talbot mai târziu a descoperit că imaginea latentă poate fi dezvoltată într-o soluție de acid galic, iar el a fost primul folosiți un proces pozitiv negativ „Calotip” care pune bazele fotografiei moderne.
- Anii 1830 - Germanii inventează principiul stereoscopiei.
- 1848 - Niepce de St. Victor, vărul lui Nicephore Niepce, folosește albusuri, săruri și potasiu, iodură și bromură pentru a face o soluție care ar face soluția de azotat de argint să se lipească de sticlă. Cu această descoperire, „fotografie albumen” a devenit popularizată pe scară largă și s-au putut face imprima fotografiilor pe hârtie.
- 1851 - Fredrick Scott Archer înlocuiește fotografia albumen cu film de colțiu, așa numita "placă umedă" care a fost utilizată pentru următorii 30 de ani din cauza timpului său de expunere rapid și a negativelor considerabil mai clare. Această metoda a implicat acoperirea unei bucăți de sticlă cu colodiu ca bază pentru halogenul de argint, dar a necesitat o cameră mobilă obscură, deoarece acoperirea se evaporă rapid.
- 1855 - James Clark Maxwell, un fizician scoțian, descrie teoria aditivului culorilor pentru producția de fotografii color.

- 1858 - Gaspard Felix Tournachon "Nadar" face prima fotografie aeriană dintr-un balon captiv de la o altitudine de 1.200 de metri peste Paris.
- 1860 - CC Harrison și J Schinitzler au perfecționat lentila biconvexă care a redus distorsiunea, claritatea imaginii fiind îmbunătățită considerabil.
- Anii 1860 - Au fost achiziționate observații aeriene și fotografii în scopuri militare făcute din baloane în Războiul Civil American.
- 1873 - Herman Vogel a descoperit că prin înmuierea emulsiilor de halogen de argint(substanță sensibilă la lumina albastră) în diverse vopsele, ar putea extinde sensibilitatea la lungimi de undă progresiv mai lungi.
- 1887 - Germanii au început experimentele cu fotografii aeriene și tehnici fotogrammetrice pentru măsurarea caracteristicilor și a zonelor împădurite.
- 1889 - Arthur Batut face prima fotografie aeriană prin folosirea unui zmeu la Labruguiere din Franța.
- 1899 - George Eastman a produs un film pe bază de nitroceluloză, care a păstrat claritatea plăci de sticlă care era folosită la acea vreme și a introdus prima cameră Kodak.
- 1903 - Julius Neubronne folosește porumbeii pentru a transmite mesaje și pentru a face fotografii aeriene.
- 1906 - Albert Maul, folosind o rachetă propulsată cu aer comprimat, a făcut o fotografie aeriană de la înălțimea de 2.600 de metri, camera a fost evacuată și parașutată înapoi pe pământ.
- 1906 - G.R. Lawrence realizează fotografii cu camerele de luat vederi (unele dintre ele cântăreau mai mult mai mult de 1.000 de kilograme) ridicate în aer cu ajutorul baloanelor cu aer.
- 1907 - Auguste și Louis Lumiere, doi frați francezi, dezvoltă un sistem simplu de fotografie color.
- 1908 – Fotografii Pathe, L.P. Bonvillain obține prima fotografie dintr-o antenă montată pe o platformă la Camp d'Auvours, lângă Le Mans, Franța.
- 1909 - Wilbur Wright face o fotografie aeriană dintr-un avion la Centocelli în Italia.
- 1914 – Începe Primul Război Mondial care a produs un impuls în utilizarea fotografiei aeriene.
- 1914 - Locotenentul Lawes din cadrul British Flying Service, face ceea ce se crede a fi primul foc aerian asupra inamicului bazat pe imagini fotografice pentru identificarea zonei care trebuia bombardată.
- 1915 - Se produc camere speciale concepute pentru uz aerian. Lt. Col. J.T.C. Brabazon a proiectat și produs prima cameră aeriană practică în colaborare cu Thornton Pickard Ltd.
- 1918 - În această perioadă în război, unitățile aeriene franceze dezvoltau și tipăreau 10.000 fotografii în fiecare noapte, în perioadele de activitate intensă. În timpul ofensivei Meuse-Argonne, 56.000 amprente aeriene au fost făcute și livrate Forțelor Expediționare Americane în patru zile.
- 1919 - Programul de cartografiere a pădurilor canadiene începe.
- 1919 - Hoffman a sesizat mai întâi dintr-o aeronavă în IR termic
- 1924 - Mannes și Godousky brevetează primul film fotografic cu mai multe straturi care a dus la comercializarea Kodachrome în 1935.
- 1934 - a fost fondată Societatea Americană de Fotogrammetrie și Teledeteție(The American Society for Photogrammetry and Remote Sensing).
- 1936 - Căpitanul Albert W. Stevens face prima fotografie a curburii reale a pământului, imagine luată dintr-un balon liber la o altitudine de 72.000 de metri.
- 1938 - Șeful Statului Major German, generalul Werner von Fritsch, a făcut un profetică o declarație când a spus: „Națiunea cu cea mai bună recunoaștere foto va câștiga următorul război”.

- 1938-1945, Al doilea război mondial, Interpretarea fotografiilor aeriene a fost angajată pe tot parcursul războiului, cu câteva succese notabile, de ex. rachetele V-1, sistemele radar, stabilirea adâncimii apei pentru aterizări amfibie, indicatori de acoperire cu vegetație a terenului., etc.
- 1942 - Kodak brevetează prima culoare falsă I.R. pentru filmul sensibil.
- 1946 - Primele fotografii spațiale din rachetele V-2.
- Anii '50 - Progresele tehnologiei senzorilor se deplasează într-un interval multi-spectral.
- 1954 - Westinghouse dezvoltă primul sistem radar aerian.
- 1954 – Avionul american de recunoaștere U-2 face primul zbor.
- 1957 - URSS lansează Sputnik1.
- 1960 - U-2 este „doborât” peste Sverdlovsk, URSS.
- 1960 - TIROS 1, primul satelit meteorologic a fost lansat.
- Anii 1960 - SUA încep colecția de fotografii de informații din sateliți orbitanți pe Pământ, în cadrul programului CORONA.
- 1962 - Zaitor și Tsuprun construiesc un prototip cu nouă camere multispectrale care permit nouă diferite combinații de film-filtru.
- 1963 - D. Gregg, în timp ce lucra la Universitatea Stanford, creează un predecesor primitiv pentru fotografia digitală, numită „videodisk”, care putea să capteze și să stocheze imagini timp de câteva minute.
- 1964 - Apare în presă, în timpul campaniei prezidențiale, știrea privind faptul că satelitul meteo Nimbus 1 ar fi fost lansat.
- La sfârșitul anilor 1960 - fotografii transmise de sateliții Gemeni și în Apollo Space.
- 1972 - Lansarea ERTS-1, primul satelit pentru tehnologia resurselor terestre. Acest sistem este ulterior redenumit Landsat-1. Poartă un vidicon cu fascicul de întoarcere (RBV); și, un scanner multispectral (MSS). Se poate considera că acesta ar fi debutul oficial al Teledetecției satelitare.
- 1972 – Fotografii realizate de Sky Lab, precursor al stației spațiale cu echipaj.
- 1975 - Lansarea satelitului de teledetecție Landsat 2.
- 1978 - Lansarea Landsat 3.
- 1978 - Lansarea și eșecul Seasat. Primul satelit civil cu radar sintetic (SAR) civil.
- 1978 - Lansarea Nimbus 7 (TOMS & Scanner Color Zone Scanner).
- 1981 - Lansarea radarului pentru imagistica spațială (SIR-A)(Radare de transfer pentru imagini).
- 1982 - Lansarea Landsat 4 (Thematic Mapper și MSS).
- 1984 - Lansarea SIR-B.
- 1984 - Lansarea Landsat-5.
- 1986 - Lansarea SPOT-1, Satelitul francez al resurselor terestre.
- 1990 - Lansarea SPOT-2.
- 1991 - Lansarea satelitului radar european ERS-1, primul satelit lansat cu un altimetru capabil să cartografieze suprafața pământului cu o precizie de cinci centimetri.
- 1991 - Războiul din Golf atrage atenția publicului asupra utilizării de sateliți de recunoaștere, mapare și spionaj aerian.

- 1993 - Lansarea radarului de imagine pentru naveta SIR-C.
- 1993 - Lansarea SPOT-3.
- 1994 - Landsat-6 nu reușește să atingă orbita
- 1995 - Datele satelitului de informații KH sunt declassificate printr-un ordin executiv semnat de președinte Clinton pe 23 februarie. Acest ordin autorizează declassificarea fotografiilor din satelit colectate de S.U.A. în anii '60.
- 1995 - Lansarea ERS-2.
- 1995 - Prima indicație conform căreia se dezvoltă o nouă clasă de sateliți de informații apare în presa. Noul satelit numit 8x este o actualizare majoră a satelitului spion KH-12. Satelitul care poate avea o greutate de până la douăzeci de tone este capabil să achiziționeze imagini complexe și detaliate ale unor zone de pe suprafața Pământului cu aproximativ aceeași precizie ca sateliții existenți, de mare performanță.
- 1998 - SPOT 4 cu benzi de senzori de vegetație îmbunătățiți atinge orbita.
- 1999 - Landsat 7 cu Mapper Thematic îmbunătățit se înscrie pe orbită.
- 1999 - Lansarea satelitului IKONOS Space Imaging (primul sistem comercial de precizie apreciată la 1 metru).
- 1999 - Lansarea seriei EOS AM-1 (Terra).
- 2001 - Lansarea satelitului Digitalglobe Quickbird (sistem comercial de clasa sub 1 metru).
- 2002 - Data de lansare a EOS, PM-1 (Terra II).
- 2002 – Data de lansare a sateliților Aqua, SPOT-5, ENVISAT, METSAT, Alsat-1, Meteosat Second Generation, ADEOS-II, Ofeq-5.
- 2003 – Data de lansare a sateliților ICESat, Orbview-3, ALOS (Advanced Land Observation Satellite) Japan, Radarsat-2 (CANADA), CBERS-2 (China), DMC BilSat (Turcia), DMC NigeriaSat-1 (Nigeria), DMC UK (Marea Britanie).
- 2004 – Lansarea satelitului China Satelit RocSat2.
- 2005 - Lansarea TopSat, un micro-satelit, cu rezoluție de 2,5 m și capacitatea de a transmite imagini către stațiile de recepție asigurând o amprentă sigură a imaginii.
- 2005 - Google Inc. lansează Keyhole, <http://earth.google.com>, sporind gradul de conștientizare a publicului cu privire la utilizarea imaginilor din satelit și a altor informații geospatiale.
- În 2004, a fost asigurată finanțarea pentru lansarea constelației de sateliți RapidEye și a segmentului de la sol cu ajutorul Uniunii Europene statului Brandenburg (Germania), un consorțiu bancar format din Commerzbank, EDC (Export Development Canada) și KfW Banking Group. Printr-un contract cu CCC (Canadian Commercial Corporation), MacDonald Dettwiler (MDA) a fost atribuit contractului ca antreprenor principal pentru construirea sistemului de satelit RapidEye. Situată inițial în Munchen, compania s-a mutat 60 km sud-vest de Berlin în Brandenburg an der Havel în 2004. Compania a operat o constelație de cinci sateliți care produce imagini de rezoluție de 5 metri care a fost proiectată și implementată de MacDonald Dettwiler (MDA) din Richmond, Canada.
- 2008: RapidEye a obținut în aprilie certificarea ISO 9001: 2000 de la TÜV Nord. La 29 august 2008, o rachetă Dnepr (o rachetă ICBM recondiționată) a fost lansată cu succes din Baikonur, în Kazahstan.
- 2009: După ce sateliții și-au încheiat faza MPAR (constând în testare și calibrare), au devenit operaționali din februarie 2009.

- 2011: RapidEye Blackbridge Ltd. din Lethbridge, Alberta, Canada a achiziționat RapidEye AG la 29 august.
- Pe 18 decembrie 2012, compania a anunțat că a mutat cu succes sediul companiei la Berlin, Germania.
- La 6 noiembrie 2013, RapidEye și-a schimbat oficial numele în BlackBridge.
- 2014: Blackbridge Ltd. a anunțat o nouă constelație numită RapidEye +.
- 2015: Planet Labs a achiziționat RapidEye.

### 1.3. Principii generale ale Teledetecției[22-34]

În mare parte a teledetecției, procesul implică o interacțiune între radiațiile incidente și țintele de interes. Acest lucru este exemplificat prin utilizarea sistemelor de imagistică în care sunt implicate următoarele șapte elemente[22, 23]. Teledetecția implică și detectarea energiei emise și utilizarea senzorilor non-imagistici. Următoarele șapte elemente cuprind procesul de teledetecție de la început până la sfârșit.[24](Figura 1.2.).

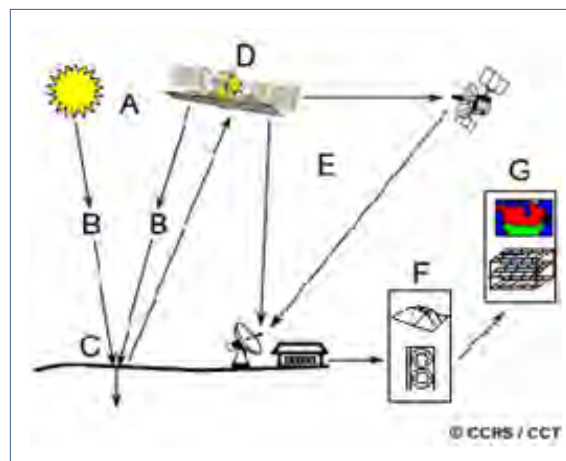


Figura 1.2. Cele șapte elemente care cuprind procesul de teledetecție (Sursa [24])

**A. Sursa de energie sau iluminare** - prima cerință pentru teledetecție este de a avea o sursă de energie care să lumineze sau să furnizeze energie electromagnetică pentru ținta de interes.

**B. Radiația și atmosfera** - pe măsură ce energia călătorește de la sursa sa la țintă, va intra în contact și va interacționa cu atmosfera prin care trece. Această interacțiune poate avea loc și a doua oară, deoarece energia călătorește și de la țintă la senzor.

**C. Interacțiunea cu ținta** - odată ce energia își face drum spre țintă prin atmosferă, interacționează cu ținta, în funcție de proprietățile atât ale țintei, cât și ale radiației.

**D. Înregistrarea energiei de către senzor** - după ce energia a fost împrăștiată sau emisă de la țintă, avem nevoie de un senzor (de la distanță, fiind montat pe o platformă aeriană care nu este în contact cu ținta) pentru a colecta și înregistra radiația electromagnetică.

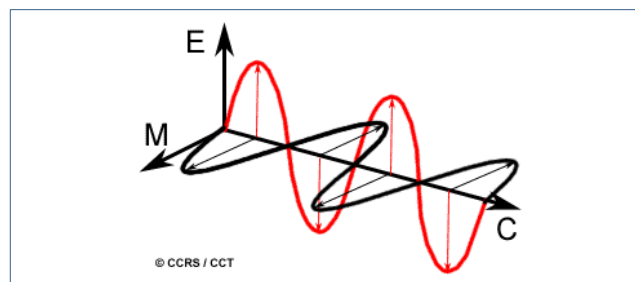
**E. Transmisie, recepție și procesare** - energia transmisă trebuie recepționată de senzor și apoi procesată.

**F. Interpretare și analiză** - imaginea procesată este interpretată, vizual și / sau digital sau electronic, pentru a extrage informații despre ținta care a fost luminată.

**G. Aplicație** - elementul final al procesului de teledeteție este obținut atunci când aplicăm informațiile pe care am reușit să le extragem din imagini despre țintă pentru a o înțelege mai bine, a dezvălui unele informații noi sau a ajuta la rezolvarea unei anumite probleme.

**O sinteză a semnificației fiecărei componente a procesului de teledeteție este prezentată în continuare.**

**A.** Prima cerință pentru teledeteție este de a avea o sursă de energie pentru a lumina ținta. Această energie este sub formă de radiații electromagnetice. (Figura 1.3.)



**Figura 1.3. Sursa de energie pentru iluminarea țintei, energia electromagnetică(Sursa [24])**

Toate radiațiile electromagnetice au proprietăți fundamentale și se comportă în moduri previzibile, în conformitate cu elementele de bază ale teoriei undelor. Radiația electromagnetică constă dintr-un câmp electric (E) care variază ca mărime într-o direcție perpendiculară pe direcția în care circulă radiația și un câmp magnetic (M) orientat în unghi drept față de câmpul electric. Ambele câmpuri circulă cu viteza luminii (c).

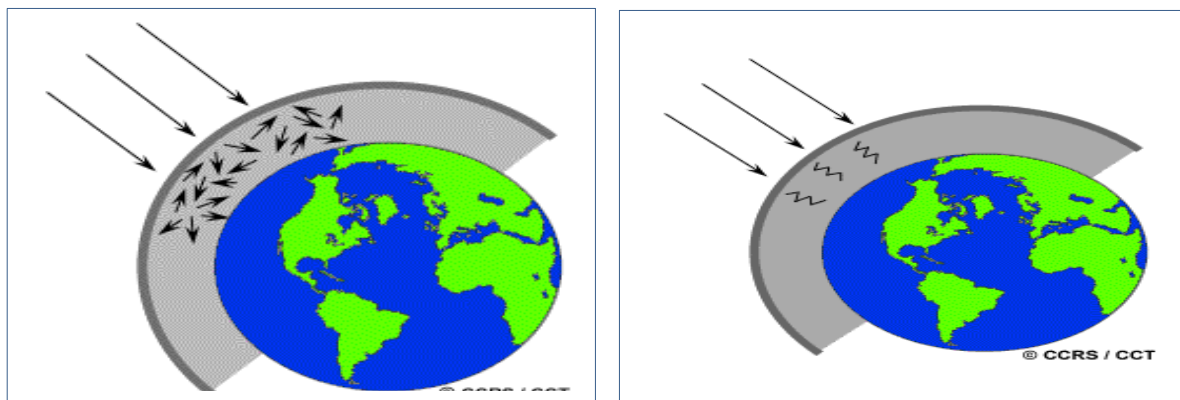
Senzorii de la distanță colectează date detectând energia care se reflectă de pe Pământ. Senzorii de la distanță pot fi fie pasivi sau activi. Acești senzori pot fi pe montați pe sateliți sau pe aeronave. Senzorii pasivi răspund la stimuli externi. Aceștia înregistrează energia naturală care este reflectată sau emisă de pe suprafața Pământului. Cea mai comună sursă de radiație detectată de senzorii pasivi este reflectată de lumina soarelui. În schimb, senzorii activi folosesc stimuli interni pentru a colecta date despre Pământ. De exemplu, un sistem de teledeteție cu fascicul laser proiectează o rază laser pe suprafața Pământului și măsoară timpul necesar pentru ca laserul să se reflecte înapoi la senzorul său.

**B.** Înainte ca radiația folosită pentru teledeteție să ajungă pe suprafața Pământului, ea trebuie să parcurgă o anumită distanță prin atmosfera Pământului. Particulele și gazele din atmosferă pot afecta lumina și radiațiile primite. Aceste efecte sunt cauzate de mecanismele de răspândire-împrăștiere și absorbție.

**Răspândirea** se produce atunci când particulele sau moleculele mari de gaz prezente în atmosferă interacționează și determină redirecționarea radiației electromagnetice de pe calea sa inițială. Gradul de împrăștiere depinde de mai mulți factori, inclusiv lungimea de undă a radiației, abundența de particule

sau gaze și distanța pe care radiația o parcurge prin atmosferă(Figura 1.4.a.). **Absorbția** este celălalt mecanism principal în procesul de teledeteție atunci când radiația electromagnetică interacționează cu atmosfera. Spre deosebire de răspândire-împrăștiere, acest fenomen determină moleculele din atmosferă să absoarbă energie la diferite lungimi de undă. Ozonul, dioxidul de carbon și vaporii de apă sunt cele trei constituenți atmosferici principali care absorb radiațiile(Figura 1.4.b.).

C. Radiațiile care nu sunt absorbite sau împrăștiate în atmosferă pot ajunge și interacționează cu suprafața Pământului. Există trei (3) forme de interacțiune care pot avea loc atunci când energia se lovește sau este incidentă (I) la o suprafață terestră. Acestea sunt: absorbția (A); transmisia (T); și reflecția (R). Energia totală incidentă va interacționa cu suprafața într-unul sau mai multe dintre aceste trei moduri. Proporțiile fiecăruia vor depinde de lungimea de undă a energiei și de starea caracteristicii materialului cu care interacționează(Figura 1.5.).



a.

b.

Figura 1.4. Efectele parcurgerii razelor electromagnetice a atmosferei terestre, a. Mecanismul de împrăștiere a razelor care parcurg atmosfera terestră, b. Mecanismul de absorbție(Sursa [24])

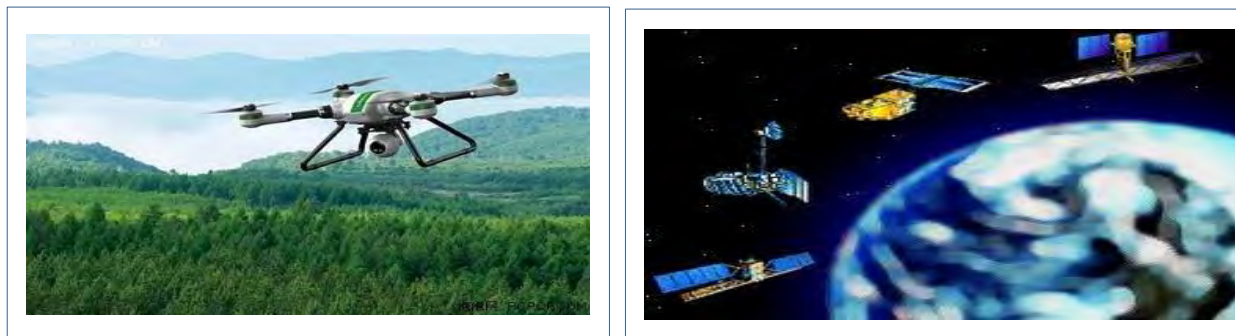


Figura 1.5. Cele trei forme de interacțiune care pot avea loc atunci când energia se lovește sau este incidentă (I) la o suprafață terestră . absorbția (A); transmisia (T); și reflecția (R). (Sursa [24])



**D.** Pentru ca un senzor să colecteze și să înregistreze energia reflectată sau emisă de o țintă sau suprafață, acesta trebuie să aibă fie montat pe o platformă stabilă situate în afara acestora. Platformele pentru senzori de la distanță pot fi situate pe sol, pe o aeronavă, dronă (Sistem UAV), balon sau pe o altă platformă din atmosfera Pământului, sau pe o navă spațială sau satelit amplasat în afara atmosferei Pământului(Figura 1.6.).

**E.** Energia înregistrată de senzor trebuie să fie transmisă, adesea în formă electronică, la o stație de recepție și procesare, unde datele sunt prelucrate într-o imagine (hardcopie și / sau digitală).



**Figura 1.6. Platformele pentru senzori de la distanță a. montați pe o dronă(Sistem UAV) sau b. pe o navă spațială sau satelit amplasat în afara atmosferei Pământului(Sursa a.[26], b.[24])**

**F.** Pentru a profita și a folosi bine datele de teledeteție, trebuie să putem extrage informații semnificative din imagini. Interpretarea și analiza reprezintă al șaselea element al procesului de teledeteție pe care l-am definit anterior. Interpretarea și analiza imaginilor de teledeteție implică identificarea și / sau măsurarea diferitelor ținte într-o imagine pentru a extrage informații utile despre ele. Țintele din imaginile de teledeteție pot fi orice caracteristică sau obiect care poate fi observat într-o imagine. Ținta trebuie să fie distinctă; trebuie să contrasteze cu alte caracteristici din jurul său în imagine.



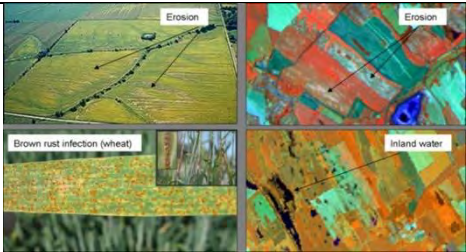
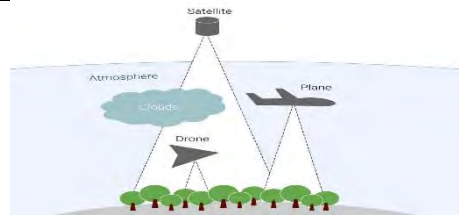
**Figura 1.7. Ținta este distinctă și contrastează cu alte caracteristici din jurul său în imagine(Sursa [24])**

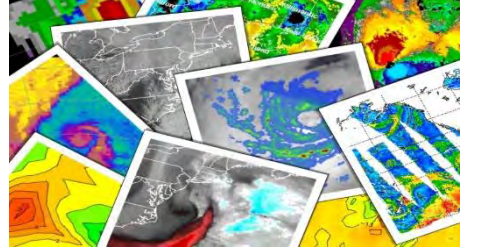

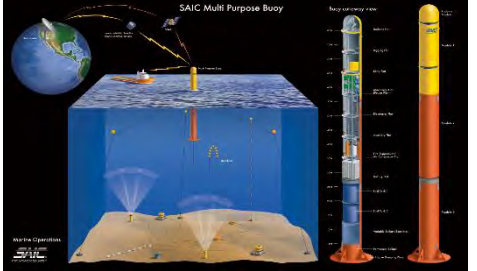

G. Aplicațiile de teledeteție descrise în acest capitol sunt reprezentative, dar nu exhaustive. Fiecare bandă de informații colectate de la un senzor conține date importante și unice. Știm că diferite lungimi de undă ale energiei incidente sunt afectate diferit de fiecare țintă - sunt absorbite, reflectate sau transmise în proporții diferite. Apariția țăintelor se poate schimba ușor în timp, uneori în câteva secunde. În multe aplicații, utilizarea informațiilor din mai multe surse diferite asigură că identificarea țintei sau extragerea informațiilor sunt cât se poate de precise. Diferenți senzori oferă adesea informații complementare, iar atunci când sunt integrați împreună, pot facilita interpretarea și clasificarea imaginilor. Următorul subcapitol dezvoltă acest important subiect.

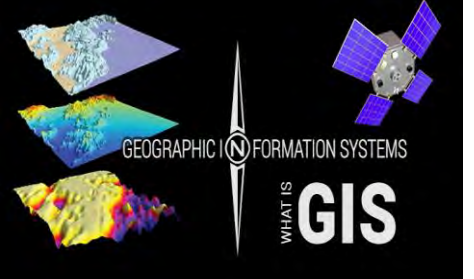
#### 1.4. Principalele aplicații ale Teledeteției[35-46]

Satețiții au jucat un rol imens în dezvoltarea multor tehnologii, Teledeteția fiind una dintre numeroasele inovații care au fost posibile, datorită acestora. satețiți care circulă pe pământ. Teledeteția are o gamă largă de aplicații în mai multe domenii, principalele fiind enumerate în continuare(Tabelul 1.1.):

**Tabelul 1.1. Principalele aplicații ale Teledeteției**

| Nr. | Domeniul            | Principalele aplicații   | Imagini reprezentative  | Surse care dezvoltă subiectul |
|-----|---------------------|--|---|-------------------------------|
| 1.  | <b>Agricultură</b>  | a. Prognozarea producției de culturi: se poate prezice cantitatea de cultură care va fi produsă într-o anumită suprafață agricolă într-o anumită perioadă de timp,<br>b. Evaluarea deteriorării culturilor și a progresului culturilor,<br>c. Horticultură, analiză sisteme de cultivare,<br>d. Identificarea culturilor: datele din recoltă sunt colectate și duse la laboratoare unde sunt studiate diverse aspecte ale culturii,<br>e. Estimarea suprafeței de cultură: estimarea terenurilor agricole pe care a fost plantată o cultură,<br>f. Evaluarea stării culturilor pentru a determina calitatea culturii,<br>g. Identificarea datelor de plantare și recoltare: inclusiv tiparele meteorologice și tipurile de sol pentru a prezice anotimpurile de plantare și recoltare ale fiecărei culturi, etc. |  <p><b>Figura 1.8. Teledeteția în Agricultură[36]</b></p>    | [36-39]                       |
| 2.  | <b>Silvicultură</b> | a. Tipuri de acoperire de pădure, compoziția speciilor,<br>b. Detectarea incendiilor forestiere și a pericolelor de incendii în pădure,<br>c. Detectarea sănătății arborilor forestieri, a bolilor copacilor și infestarea cu insecte,<br>d. Stabilirea efectelor poluării aerului, solului și apei asupra pădurilor,<br>e. Evaluarea deteriorării datorate vântului și a altor stări climatice severe<br>f. Detectarea defrișărilor și degradării pădurilor<br>g. Monitorizarea pădurilor: a activităților de exploatare, reîmpădurire și împădurire,<br>h. Planificarea recoltei de cherestea, a drumurilor forestiere, Inventarul silvic, Gestionarea pădurilor, etc.   |  <p><b>Figura 1.9. Teledeteția în Silvicultură[41]</b></p> | [40-45]                       |

|    |                         |   |  |         |
|----|-------------------------|---|--|---------|
| 3. | <b>Meteorologie</b>     | <p>a. Acoperirea cu nori, stabilirea vectorilor de mișcare ai norilor,<br/> b. Temperatura suprafeței, profilurile verticale ale temperaturii și umidității atmosferice,<br/> c. Acoperirea cu zăpadă și gheață, ozon și diverse măsurători de radiații,<br/> d. Elaborarea de prognoze meteo,<br/> e. Prevenția dezastrelor naturale datorate cauzelor climatice,<br/> f. Numeroase aplicații în diverse domenii, ca de exemplu în agricultură(Agricultural Meteorology), hidrologie, studierea schimbărilor climatice, snaliza mediului, managementul resurselor naturale, etc.</p>   |  <p><b>Figura 1.10. Teledeteția în Meteorologie[46]</b></p>                     | [46-50] |
| 4. | <b>Biodiversitatea</b>  | <p>“Teledeteția joacă un rol major în cartografierea și înțelegerea biodiversității terestre. Este baza majorității hărților de acoperire / utilizare a terenului, oferă o mare parte din datele de mediu utilizate în modelarea distribuției speciilor, poate caracteriza funcționarea ecosistemului, ajută la evaluarea serviciilor ecosistemice și începe să fie utilizată inclusiv în analize genetice.”[51]. Cele mai semnificative aplicații se referă la:</p> <p>a. Structura și compoziția ecosistemelor,<br/> b. Funcționarea ecosistemelor,<br/> c. Serviciile ecosistemice,<br/> d. Analiza speciilor terestre, etc.</p>   |  <p><b>Figura 1.11. Teledeteția în analiza Biodiversității terestre[51]</b></p> | [51-55] |
| 5. | <b>Oceanografie</b>     | <p>Teledeteția are o gamă largă de aplicații în domeniul oceanografiei fizice, biologice, de coastă, Rolul Teledeteției în cercetarea oceanografică este de a forma o colecție de date oceanografice cu ajutorul cărora să se asigure monitorizarea datelor proceselor costiere și oceanice și analiza diferitelor procese produse la nivel oceanic.[56]. Principalele aplicații sunt:</p> <p>a. Studiile meteorologice și climatice ale oceanului,<br/> b. Măsurarea productivității primare,<br/> c. Monitorizarea calității apei,<br/> d. Detectarea zonelor de pescuit potențiale și a tendințelor de migrație a bancurilor de pește,<br/> e. Evaluarea vieții marine, monitorizarea poluării marine, determinarea batimetriei și a cartografierii de pe malul mării, detectarea curentului și a valului oceanului, impactul asupra oamenilor asupra viață marină și de coastă etc[56].</p> |  <p><b>Figura 1.12. Teledeteția în Oceanografie[57]</b></p>                    | [56-57] |
| 6. | <b>Știința mediului</b> | <p>a. Modelarea hidrologică,<br/> b. Cartografierea bazinelor hidrografice,<br/> c. Estimarea fluxului de energie a suprafețelor terestre și a apelor,<br/> d. Acoperirea cu vegetație a suprafețelor terestre,<br/> e. Cartografierea suprafețelor terestre,<br/> f. Modelarea urbană,<br/> g. Predicțiile secetei bazate pe indicii de apă din sol derivat din datele detectate de la distanță, etc.</p>  |  <p><b>Figura 1.13. Teledeteția în Știința mediului [59]</b></p>              | [58-61] |

|     |                   |   |   |             |
|-----|-------------------|---|---|-------------|
| 7.  | <b>Geologie</b>   | <p>Geologia implică studiul formelor de teren, a structurilor și a subsolului pentru a înțelege procesele fizice care creează și modifică crusta pământului. Cel mai des este înțeles ca explorarea și exploatarea resurselor minerale / hidrocarburi pentru a îmbunătăți nivelul de viață în societate. Aplicațiile geologice ale teledetecției includ următoarele:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Cartografierea straturilor geologice,</li> <li>Cartografierea litologică,</li> <li>Cartografierea structurală a suprafețelor terestre,</li> <li>Explorarea / exploatarea nisipului și pietrișului, explorarea mineralelor, explorarea hidrocarburilor,</li> <li>Geologia mediului,</li> <li>Geobotanică, etc.</li> </ol>  |  <p><b>Figura 1.14. Teledetecția în Geologie[62]</b></p>   | [62-65]     |
| 8.  | <b>Hidrologie</b> | <p>Hidrologia se ocupă cu studiul apei de pe suprafața pământului, indiferent dacă curge deasupra solului, este sub formă de gheață sau zăpadă sau este reținută de sol[66]. Exemple de aplicații hidrologice include:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Monitorizarea zonelor umede,</li> <li>Estimarea umidității solului,</li> <li>Monitorizarea straturilor de zăpadă, măsurarea grosimii zăpezii, determinarea echivalentului apei de zăpadă, monitorizarea gheții, monitorizarea dinamicii ghețarului,</li> <li>Monitorizarea inundațiilor,</li> <li>Detectarea schimbărilor cursurilor de apă inclusive a deltei,</li> <li>Cartografierea bazinelor, modelarea bazinelor hidrografice,</li> <li>Detectarea scurgerilor canalelor de irigare și programarea irigațiilor.</li> </ol>  |  <p><b>Figura 1.15. Teledetecția în Hidrologie[66]</b></p> | [66-68]     |
| 9.  | <b>Geografie</b>  | <p>Higgitt și Warburton (1999) au susținut că tehnicile de teledetecție oferă perspective noi în geografie în patru moduri principale[61]:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Oferă noi aplicații pentru geografie,</li> <li>Oferă o precizie de măsurare nouă și îmbunătățită,</li> <li>Furnizează date noi care permit investigarea ideilor care anterior nu erau testabile,</li> <li>Contribuie la dezvoltarea capacității de prelucrare a datelor.</li> </ol>   |  <p><b>Figura 1.16. Teledetecția în Geografie[70]</b></p>  | [61, 69-71] |
| 10. | <b>GIS</b>        | <p>Aplicațiile Teledetecției în Geographic Information System(GIS)-Sistemul de Informații Geografice sunt numeroase, amintesc doar cele cu legătură în monitorizarea mediului:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cartografierea și planificarea utilizării terenurilor;</li> <li>• Elaborarea de hărți de acoperire a suprafețelor terestre cu vegetație și de clasificare a vegetației,</li> <li>• Cartografierea și planificarea hidrologică,</li> <li>• Cartografierea degradării terenurilor,</li> <li>• Cartografierea infrastructurii, pentru actualizarea hărților topocadastrale învechite;</li> <li>• Cartarea geologică și identificarea potențialului mineral;</li> <li>• Cartografierea producției agricole, identificarea resurselor și planificarea;</li> <li>• Cartografierea și planificarea așezărilor umane, etc.</li> </ul> |  <p><b>Figura 1.17. Teledetecția în GIS[72]</b></p>      | [72-75]     |

Se prezintă punctual în continuare alte aplicații ale Teledetecției, cu precizarea că în prezent, aproape că nu mai există domeniu de activitate care într-un fel sau altul, direct sau indirect să nu beneficieze de informațiile furnizate prin mijloacele acestui foarte important domeniu de activitate[76-80].

11. Aplicații costiere: Monitorizarea modificărilor malurilor apelor curgătoare , lacurilor, mărilor și oceanelor, urmărirea transporturilor de sedimente și cartografierea caracteristicilor de coastă. Datele pot fi utilizate pentru cartografierea litoralului și prevenirea eroziunii,
12. Evaluarea pericolelor: urmărirea uraganelor, cutremurelor, proceselor de eroziune și inundații. Datele pot fi utilizate pentru a evalua impactul unui dezastru natural și pentru a crea strategii de pregătire pentru a fi utilizate înainte și după un eveniment periculos,
13. Gestionarea resurselor naturale: Monitorizarea utilizării terenurilor, hartă zonele umede și a habitatelor faunei sălbatice. Datele pot fi utilizate pentru a minimiza daunele pe care creșterea urbană le are asupra mediului și pentru a ajuta la a decide cum să protejăm cel mai bine resursele naturale,
14. Evaluarea stării drumurilor rurale: Condițiile drumurilor rurale pot fi acum evaluate prin utilizarea diferitelor tehnici de teledetecție și tehnică GIS de mare precizie,
15. Evaluarea economiei de combustibil: Sateliții au devenit acum capabili să măsoare emisiile de gaze ale vehiculelor,
16. Evaluarea stabilității trenului: În tehnologia interferometrului, deformarea peisajului este măsurată cu senzori folosind diferențe de fază. Această tehnică este utilizată mai ales în sectoarele petrolului și gazelor pentru a măsura tehnologia trenurilor.
17. Vizualizare completă a imobilelor și a împrejurimilor acestora: imaginile din satelit și tehnologia de teledetecție sunt utile pentru clienții care intenționează să cumpere o casă nouă. Ei pot verifica școlile din apropiere, cartierele comerciale, parcurile și orice alte dotări sau facilități pe care se așteaptă să fie în apropierea imobilului achiziționat.

Pentru a avea o imagine completă a numeroaselor aplicații ale Teledetecției recomand a se consulta lucrarea ”100 Earth Shattering Remote Sensing Applications & Uses”[76], care identifică 100 de posibile astfel de aplicații și utilizări.

**Bibliografie Cursul 1**

- [1]. <https://earthobservatory.nasa.gov/features/RemoteSensing>
- [2]. The National Ocean Service, <https://oceanservice.noaa.gov/facts/remotesensing.html>
- [3]. Techopedia, <https://www.techopedia.com/definition/1939/remote-sensing>
- [4]. NASA, Earth Observatory, <https://earthobservatory.nasa.gov/features/RemoteSensing>
- [5]. Lal Samarakoon, Director, Geoinformatics Center, AIT, Senior Scientist, JAXA, [https://www.isprs.org/caravan/documents/Lao\\_Basic\\_RS.pdf](https://www.isprs.org/caravan/documents/Lao_Basic_RS.pdf)
- [6]. United States Geological Survey, [https://www.usgs.gov/faqs/what-remote-sensing-and-what-it-used?qt-news\\_science\\_products=3#qt-news\\_science\\_products](https://www.usgs.gov/faqs/what-remote-sensing-and-what-it-used?qt-news_science_products=3#qt-news_science_products)
- [7]. Paul R. Baumann, Professor of Geography (Emeritus), State University of New York, College at Oneonta, INTRODUCTION TO REMOTE SENSING, <http://employees.oneonta.edu/baumanpr/geosat2/RS-Introduction/RS-Introduction.html>
- [8]. [https://en.wikipedia.org/wiki/Remote\\_sensing](https://en.wikipedia.org/wiki/Remote_sensing)
- [9]. <http://employees.oneonta.edu/baumanpr/geosat2/RS-Introduction/RS-Introduction.html>
- [10]. <https://theconstructor.org/others/remote-sensing-applications/398/>, d. <https://saralubkin.com/2015/12/06/harmful-algal-blooms-part-4-what-is-a-spectral-signature/>
- [11]. <https://saralubkin.com/2015/12/06/harmful-algal-blooms-part-4-what-is-a-spectral-signature/>
- [12]. [https://www.planetek.it/eng/training\\_courses/online\\_manuals/on\\_line\\_course\\_of\\_remote\\_sensing/2\\_the\\_history\\_of\\_remote\\_sensing](https://www.planetek.it/eng/training_courses/online_manuals/on_line_course_of_remote_sensing/2_the_history_of_remote_sensing)
- [13]. <https://www.nap.edu/read/5963/chapter/3>
- [14]. <https://earthobservatory.nasa.gov/features/RemoteSensing>
- [15]. <http://www.biologydiscussion.com/plant-taxonomy/remote-sensing-history-principles-and-types/30587>
- [16]. Madry Scott, Introduction and History of Space Remote Sensing, [https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007%2F978-1-4419-7671-0\\_37](https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007%2F978-1-4419-7671-0_37)
- [19]. History of Remote Sensing, [http://faculty.ndhu.edu.tw/~jyyen/id129/id316/class\\_slides\\_--/id\\_2.pdf](http://faculty.ndhu.edu.tw/~jyyen/id129/id316/class_slides_--/id_2.pdf)
- [20]. Khan Abdullah, History of Remote Sensing and GIS, [https://www.academia.edu/10815020/History\\_of\\_Remote\\_Sensing\\_and\\_GIS](https://www.academia.edu/10815020/History_of_Remote_Sensing_and_GIS)
- [21]. Aggarwa Shefali, Principles of Remote Sensing, Satellite Remote Sensing and GIS Applications in Agricultural Meteorology, pp. 23-38, <http://www.wamis.org/agm/pubs/agm8/Paper-2.pdf>
- [22]. [https://webapps.itc.utwente.nl/librarywww/papers\\_2009/general/principlesremotesensing.pdf](https://webapps.itc.utwente.nl/librarywww/papers_2009/general/principlesremotesensing.pdf)
- [23]. <https://www.slideshare.net/pramodgpramod/principles-of-remote-sensing-76693847>
- [24]. Fundamentals of Remote Sensing – Introduction, <https://www.nrcan.gc.ca/maps-tools-publications/satellite-imagery-air-photos/remote-sensing-tutorials/fundamentals-remote-sensing-introduction/9363>
- [26]. <https://www.marketexpert24.com/2019/09/06/uav-remote-sensing-technology-market-growth-factors-segmentation-analysis-by-2026-top-players-agrible-airbus-awhere-blacksky-global-ceres-imaging-descartes-labs-digitalglobe-ecometric/>
- [27]. <http://www.fao.org/elearning/Course/B/en/pdf/learnernotes0801.pdf>

- [28]. <https://crisp.nus.edu.sg/~research/tutorial/intro.htm>
- [29]. [https://www.ssec.wisc.edu/sose/pirs\\_activity.html](https://www.ssec.wisc.edu/sose/pirs_activity.html)
- [30]. <https://learn.canvas.net/courses/464/pages/unit-6-dot-2-basic-principles>
- [31]. <http://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/spacelaw/principles/remote-sensing-principles.html>
- [32]. <https://www.gislounge.com/remote-sensing-principles/>
- [33]. <https://ibis.geog.ubc.ca/courses/geob373/lectures/Handouts/lecture03.pdf>
- [34]. [https://www.researchgate.net/publication/233793398\\_Principles\\_of\\_remote\\_sensing\\_an\\_introduitory\\_textbook](https://www.researchgate.net/publication/233793398_Principles_of_remote_sensing_an_introduitory_textbook)
- [35]. <https://grindgis.com/remote-sensing/remote-sensing-applications>
- [36]. [https://www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop425/0027\\_DAI6/ch01s05.html](https://www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop425/0027_DAI6/ch01s05.html)
- [37]. [https://www.researchgate.net/publication/323007319\\_APPLICATIONS\\_OF\\_REMOTE\\_SENSING\\_IN\\_AGRICULTURE](https://www.researchgate.net/publication/323007319_APPLICATIONS_OF_REMOTE_SENSING_IN_AGRICULTURE)
- [38]. Shanmugapriya P. et al., Applications of Remote Sensing in Agriculture - A Review,  
<https://www.ijemas.com/8-1-2019/P.%20Shanmugapriya,%20et%20al.pdf>
- [39]. <https://www.nap.edu/read/20260/chapter/5>
- [40]. Yousif Ali Hussin, Witske Bijker, Inventory of Remote Sensing applications in Forestry for Sustainable Management,  
[https://www.isprs.org/proceedings/xxxiii/congress/part7/575\\_XXXIII-part7.pdf](https://www.isprs.org/proceedings/xxxiii/congress/part7/575_XXXIII-part7.pdf)
- [41]. <https://medium.com/openforests/remote-sensing-for-forest-landscapes-83e246261c21>
- [42]. [https://www.researchgate.net/publication/318456470\\_Remote\\_Sensing\\_Methods\\_for\\_Forestry\\_Applications\\_-\\_A\\_Survey](https://www.researchgate.net/publication/318456470_Remote_Sensing_Methods_for_Forestry_Applications_-_A_Survey)
- [43]. <http://www.fao.org/forestry/44862-0bdede3b316d7e183a07cb3507e827d01.pdf>
- [44]. <https://www.nrcan.gc.ca/our-natural-resources/forests-forestry/sustainable-forest-management/measuring-reporting/remote-sensing-forestry/13429>
- [45]. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/07038992.2016.1207484>
- [46]. <https://www.e-education.psu.edu/meteo3/15.html>
- [47]. Menzel, W.P., Remote Sensing Applications with Meteorological Satellites,
- [48]. [https://www.researchgate.net/publication/265346596\\_The\\_Significance\\_of\\_Satellite\\_Remote\\_Sensing\\_and\\_GIS\\_Applications\\_in\\_Environmental\\_Meteorology](https://www.researchgate.net/publication/265346596_The_Significance_of_Satellite_Remote_Sensing_and_GIS_Applications_in_Environmental_Meteorology)
- [49]. <https://ntrs.nasa.gov/search.jsp?R=20170005447>
- [50]. <https://www.eolss.net/Sample-Chapters/C01/E6-64-02-03.pdf>
- [51]. [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-27288-7\\_8](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-27288-7_8)
- [52]. <http://remote-sensing-biodiversity.org/>
- [53]. [https://www.researchgate.net/publication/270453897\\_Remote\\_Sensing\\_and\\_GIS\\_for\\_Biodiversity\\_Conservation](https://www.researchgate.net/publication/270453897_Remote_Sensing_and_GIS_for_Biodiversity_Conservation)
- [54]. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0169534703000703>
- [55]. <http://www.gisresources.com/ten-ways-remote-sensing-can-contribute-biodiversity-conservation/>
- [56]. <http://stevecookillustration.com/portfolio/home-04/>

- [57]. <http://stevecookillustration.com/portfolio/home-04/>
- [58]. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3841891/>
- [59]. <http://www.csr.utexas.edu/rs/>
- [60]. <https://www.slideshare.net/amalmurali47/seminar-28925946>
- [61]. <https://www.ukessays.com/essays/environmental-sciences/applications-of-remote-sensing-environmental-sciences-essay.php>
- [62]. <https://ags.aer.ca/bedrock-modelling>
- [63]. <https://journals.openedition.org/cybergeog/2856>
- [64]. <https://www.slideshare.net/pramodgpramod/applications-of-remote-sensing-in-geological-aspects>
- [65]. <https://www.intechopen.com/books/recent-advances-and-applications-in-remote-sensing/applications-of-remote-sensing-in-geoscience>
- [66]. [https://weather.msfc.nasa.gov/surface\\_hydrology/hydrologic\\_modeling.html](https://weather.msfc.nasa.gov/surface_hydrology/hydrologic_modeling.html)
- [67]. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169488901874>
- [68]. <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/02626669609491518>
- [69]. <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/030913337800200103?journalCode=ppga>
- [70]. [https://www.who.int/bulletin/archives/80\(10\)783.pdf](https://www.who.int/bulletin/archives/80(10)783.pdf)
- [71]. <https://www.microimages.com/documentation/Tutorials/introrse.pdf>
- [72]. <https://gisgeography.com/what-gis-geographic-information-systems/>
- [73]. [http://www.the-eis.com/data/literature\\_OK/OKACOM-Harris.pdf](http://www.the-eis.com/data/literature_OK/OKACOM-Harris.pdf)
- [74]. <https://grindgis.com/gis/differences-between-remote-sensing-and-gis>
- [75]. [https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/27890452/spring.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DSPRING\\_Integrating\\_remote\\_sensing\\_and\\_GI.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A%2F20191029%2Fus-east-1%2Fs3%2Faws4\\_request&X-Amz-Date=20191029T041048Z&X-Amz-Expires=3600&X-Amz-SignedHeaders=host&X-Amz-Signature=b1d097dc0ea85a1df7f43a535830fc804ca13586d3d9ed4ed52b6fb98340fe5a](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/27890452/spring.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DSPRING_Integrating_remote_sensing_and_GI.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A%2F20191029%2Fus-east-1%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20191029T041048Z&X-Amz-Expires=3600&X-Amz-SignedHeaders=host&X-Amz-Signature=b1d097dc0ea85a1df7f43a535830fc804ca13586d3d9ed4ed52b6fb98340fe5a)
- [76]. <https://gisgeography.com/100-earth-remote-sensing-applications-uses/>
- [77]. [http://www.eo-miners.eu/earth\\_observation/eo\\_eof\\_msa\\_remote\\_sensing\\_apps.htm](http://www.eo-miners.eu/earth_observation/eo_eof_msa_remote_sensing_apps.htm)
- [78]. <https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/remote-sensing-applications>
- [79]. [https://www.researchgate.net/publication/255616101\\_Remote\\_sensing\\_applications\\_An\\_overview](https://www.researchgate.net/publication/255616101_Remote_sensing_applications_An_overview)
- [80]. <https://theconstructor.org/others/remote-sensing-applications/398/>



## 2. Spectrul electromagnetic, Senzori activi și pasivi, Rezoluția imaginilor digitale, Imagini pancromatice și imagini multispectrale

### 2.1. Spectrul electromagnetic

Spectrul electromagnetic, reprezintă întreaga gamă a radiațiilor electromagnetice distribuite în funcție de frecvență sau lungime de undă. Radiația este energia care se deplasează și se răspândește pe măsură ce merge. Deși toate undele electromagnetice circulă cu viteza luminii într-un vid, ele o fac cu o gamă largă de frecvențe, lungimi de undă și energii fotonice. Spectrul electromagnetic cuprinde raza de acțiune a tuturor radiațiilor electromagnetice și constă din mai multe subranje-porțiuni care poartă denumiri diferite pe baza diferențelor de comportament în emisie, transmisie și absorbție a undelor corespunzătoare și, de asemenea, bazate pe diferitele lor aplicații practice. Nu există limite acceptate precise între oricare dintre aceste porțiuni, astfel încât intervalele tind să se suprapună.[1,2].

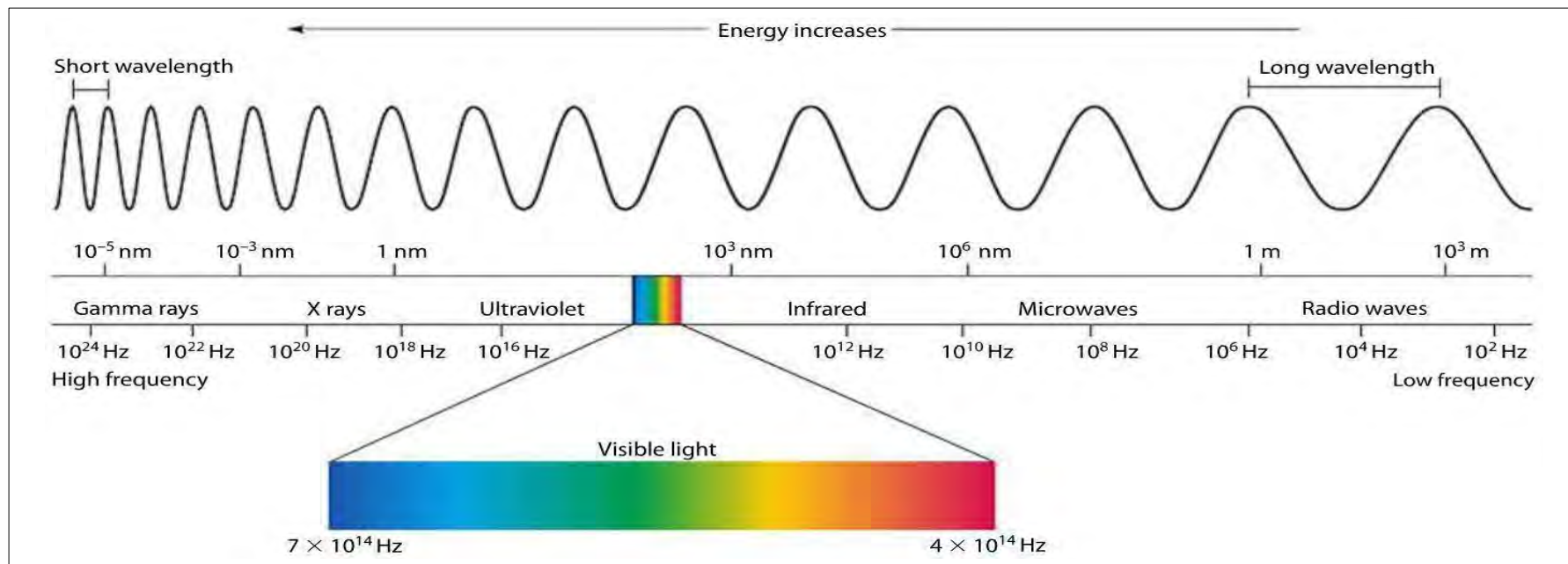


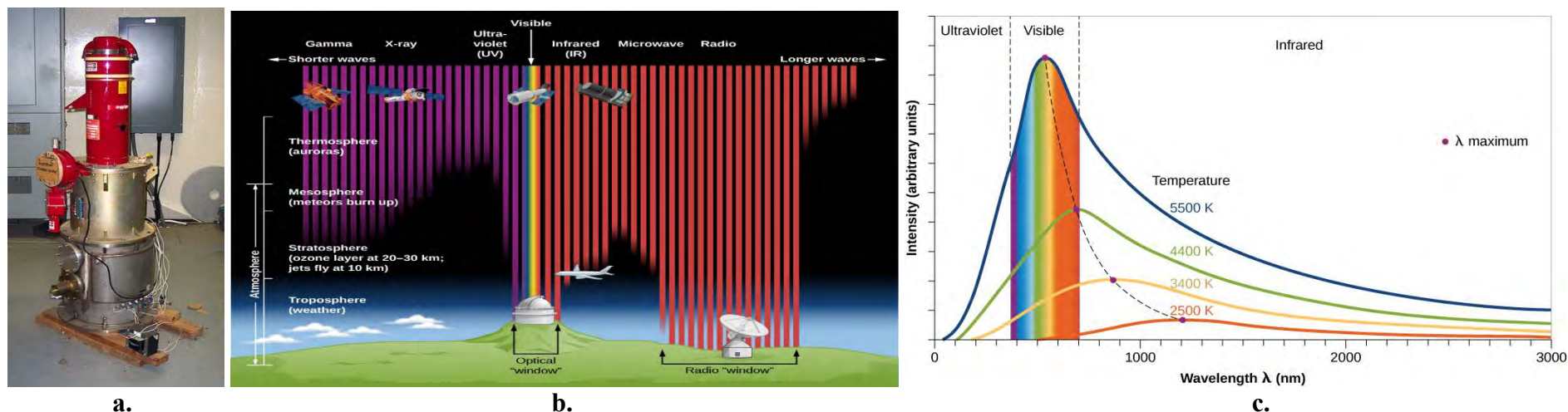
Figura 2.1. Spectrul electromagnetic[3]

Principalele componente ale spectrului electromagnetic sunt următoarele[3,4]:

- Razele gamma(Gamma rays) sunt undele electromagnetice cu cea mai mare energie, capabile să pătrundă ușor materia. Au cele mai scurte lungimi de undă, care nu depășește 0,01 nanometrii, și cele mai înalte frecvențe. Razele gamma pot fi emise de substanțe radioactive. Numele gamma provine de la a treia literă a alfabetului grec deoarece razele gamma au fost cel de al treilea tip de radiații descoperite provenind de la atomii radioactivi. Deoarece razele gamma transportă multă energie, ele pot fi periculoase pentru țășeturile vii. Radiația gamă este generată adânc în interiorul stelelor, precum și prin unele dintre cele mai violente fenomene din univers, cum ar fi moartea stelelor și contopirea corpurilor stelare. Razele gamma care vin pe Pământ sunt absorbite de atmosfera noastră înainte de a ajunge la pământ, astfel încât, acestea pot fi studiate doar folosind instrumente în spațiu.
- Razele X(X rays) sunt unde electromagnetice după razele gamma au cea mai mare energie și sunt de asemenea capabile să pătrundă ușor materia. Au cele mai scurte lungimi de undă, cuprinse între 0,01 nanometri și 20 nanometri, și cele mai înalte frecvențe, după razele gamma. Razele X pot fi produse de tuburi cu raze X. Razele X sunt oprite de un număr mare de atomi din atmosfera Pământului cu care interacționează. Astfel, astronomia cu raze X (precum astronomia cu raze gamma) nu s-a putut dezvolta până când nu s-au inventat și lansat programele spațiale satelitare.
- Radiațiile ultraviolete (UV-Ultraviolet) sunt radiații intermediare între razele X și lumina vizibilă și pot fi produse de corpuri foarte calde, cum ar fi Soarele. Atmosfera filtrează cea mai mare parte a radiațiilor UV de la soare. Lumina ultravioletă este uneori numită „lumină neagră”, deoarece este invizibilă pentru ochiul uman. Radiațiile ultraviolete sunt în cea mai mare parte blocate de stratul de ozon din atmosfera Pământului, dar o mică parte din razele ultraviolete de la Soarele nostru pătrund pe pământ. Ca și în cazurile precedente astronomia cu raze ultraviolete se realizează cel mai bine din spațiu.
- Lumina vizibilă(Visible light) este singura radiație electromagnetică care este vizibilă având lungimi de undă cuprinse între 400 și 700 nm. Ocupă o porțiune foarte mică în spectrul electromagnetic. Soarele și alte corpuri albe-calde emit lumină albă, care este alcătuită din culori violet, indigo, albastru, verde, galben, portocaliu și roșu(în ordinea reducerii frecvențelor). Aceasta este și banda spectrului electromagnetic care ajunge cel mai ușor la suprafața Pământului.
- Radiația infraroșie (IR-Infrared) poate fi produsă de orice corp fierbinte similar cu lumina albă, dar cu lungimi de undă mai lungi. Radiația IR este ușor absorbită de materie și crește temperatura lor sitându-se în spectrul electromagnetic între undele vizibile de lumină și undele radio. Astronomul William Herschel a descoperit pentru prima dată radiația infraroșie în anul 1800, în timp ce încerca să măsoare temperaturile diferitelor culori ale luminii solare răspândite într-un spectru. El a observat că atunci când și-a poziționat accidental termometrul dincolo de culoarea roșie, a înregistrat o supraîncălzire din cauza unei energii invizibile venite de la Soare. Acesta a fost primul indiciu cu privire la existența celorlalte benzi (invizibile) din spectrul electromagnetic. O lampă de căldură radiază în cea mai mare parte radiații infraroșii, iar terminațiile nervoase ale pielii noastre sunt sensibile la această bandă a spectrului electromagnetic. Undele infraroșii sunt absorbite de molecule de apă și dioxid de carbon, care sunt mai concentrate în atmosfera Pământului. Din acest motiv, astronomia cu infraroșu se realizează cel mai bine din vârfuri montane înalte, avioane și nave spațiale
- Microundele(Microwaves) sunt generate de dispozitive electronice speciale cunoscute sub numele de tuburi klystron\*. În acest caz lungimile de undă variază de la 1 milimetru la 1 metru. Sunt reflectate de metale și parțial absorbite de nemetale. Cea mai cunoscută aplicare este cuptorul cu

microunde, eficient în încălzirea alimentelor, deoarece sunt absorbiți vaporii de apă. Prefixul „micro-” se referă la faptul că microundele sunt mici în comparație cu undele radio, următorul din spectru.

- Undele radio(Radio waves) au cele mai lungi lungimi de undă, variind de la câțiva centimetri până la mii de metri. Acestea pot fi generate de oscilații în circuitele electronice speciale sau de scânteii electrice și sunt detectate de antenele metalice. În general, toate undele electromagnetice cu lungimi de undă mai lungi decât microundele se numesc unde radio, dar aceasta este o categorie atât de largă încât, în general, o împărțim în mai multe subsecțiuni. Printre cele mai cunoscute dintre acestea se numără undele radar, care sunt folosite de către ofițerii de trafic pentru a determina viteza vehiculului și undele radio AM, care au fost primele dezvoltate pentru difuzarea programelor de radio. Lungimile de undă ale acestor categorii diferite variază de la peste un metru la sute de metri, iar unele radiații radio pot avea lungimi de undă de mai mulți kilometri. Având o gamă largă de lungimi de undă, nu toate undele radio interacționează cu atmosfera Pământului în același mod. Undele FM și TV nu sunt absorbite și se pot propaga ușor prin atmosfera terestră. Undele radio AM sunt absorbite sau reflectate de un strat din atmosfera Pământului numit ionosferă. \* Un klystron este un tub de vid specializat cu fascicul liniar, inventat în 1937 de inginerii americani Russell și Sigurd Varian, care este utilizat ca amplificator pentru frecvențe radio înalte, de la UHF până în gama de microunde. Tuburile Klystrons de joasă putere sunt folosite ca oscilatoare în legăturile de comunicații ce utilizează relee de microunde terestre, în timp ce tuburile klystron de mare putere sunt folosite ca tuburi de ieșire în emițătoarele de televiziune UHF, comunicații prin satelit, emițătoare de unde radar și pentru a genera puterea de acționare pentru acceleratoarele moderne de particule[5,6].

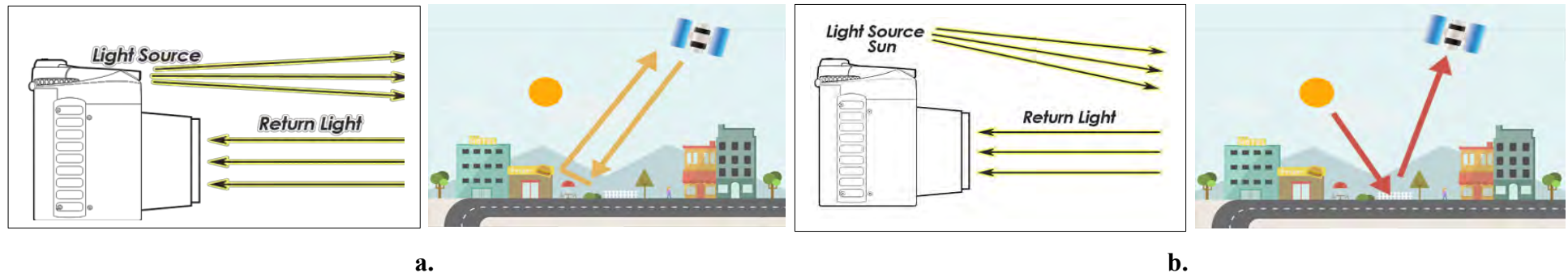


**Figura 2.2. Tub Klystron de 400 kW utilizat pentru asigurarea comunicării navelor spațiale în Complexul Comunicări Spațiale Canberra[7], b. Radiația și atmosfera Pământului[4], c. Grafic care arată în unități arbitrare câți fotoni sunt eliberați de fiecare lungime de undă pentru patru temperaturi diferite[4]**

## 2.2. Senzori activi și pasivi

“Un senzor este un dispozitiv care detectează și răspunde la un anumit tip de intrare din mediul fizic. Intrarea specifică poate fi lumină, căldură, mișcare, umiditate, presiune sau oricare dintre un număr mare de alte fenomene de mediu. Ieșirea este în general un semnal care este convertit în afișaj care poate fi citit la locația senzorului sau transmis electronic printr-o rețea pentru citire sau prelucrare ulterioară.”[8].

Senzorii activi au propria sursă de lumină sau iluminare. Aceștia trimit în mod activ un val de radiații electromagnetice și măsoară răspunsul reflectat de un retroactiv. Emițătorul trimite propria sursă de lumină către țintă și se reflectă înapoi la obiectivul camerei. Senzorii pasivi măsoară reflectarea luminii emise de soare[9].



**Figura 2.3. Principiul de funcționare al senzorilor activi(a.) și pasivi(b.)[8]**

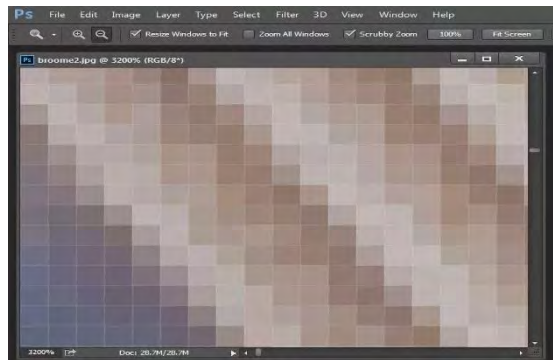
Pe situl Administrației Naționale Aeronautice și Spațiale a Statelor Unite[10] cunoscută sub acronimul NASA(National Aeronautics and Space Administration) se dau definiții clare și concise ale senzorilor utilizați în teledetecție, după cum urmează:

- Un senzor activ este un instrument utilizat pentru măsurarea semnalelor transmise de acesta care au fost reflectate, refractate sau împrăștiate de suprafața Pământului, obiectele dispuse pe aceasta sau de atmosfera terestră. Senzorii activi transportați în spațiu au o varietate de aplicații legate de meteorologie și observarea suprafeței și atmosferei Pământului[11].
- Un senzor pasiv este un instrument cu microunde conceput pentru a primi și pentru a măsura emisiile naturale produse de elementele constitutive ale suprafeței Pământului și a atmosferei sale. Puterea măsurată de senzori pasivi este o funcție a compoziției suprafeței, a temperaturii fizice, a rugozității suprafeței și a altor caracteristici fizice ale Pământului și a obiectelor ce-l acoperă. Benzile de frecvență pentru măsurători ale senzorilor pasivi sunt determinate de proprietățile fizice fixe ale substanței măsurate. Aceste frecvențe nu se schimbă și informațiile nu pot fi duplicate în alte benzi de frecvență. Senzorii pasivi sunt deosebit de sensibili la radiațiile acumulate de la o multitudine de emițători de pe sol, atât din interiorul benzii de frecvență în care se fac măsurători, cât și din afara bandei. Senzorii pasivi transportați în spațiu oferă capacitatea de a obține observații globale ale Pământului și ale atmosferei de pe tot timpul, ziua și noaptea[11].

Un senzor activ este un dispozitiv care necesită o sursă externă de energie pentru a funcționa; senzorii activi contrastează cu senzorii pasivi, care detectează și răspund pur și simplu la un tip de intrare din mediul fizic. În contextul teledetecției, un senzor activ este un dispozitiv cu un transmițător care trimite un semnal, o lungime de undă a luminii sau electroni pentru a fi reflectați de o țintă, cu date culese de senzor la reflectarea lor. Tehnologiile de detectare activă și pasivă sunt utilizate ambele în teledetecție pentru a face observații și măsurători de la distanță și pot fi folosite și în medii dure sau în locuri inaccesibile oamenilor. [12]. Senzorii activi pot fi folosiți pe scară largă în mediile de fabricație și de rețea, de exemplu pentru monitorizarea mașinilor industriale sau a infrastructurii centrelor de date, astfel încât anomaliile pot fi detectate și componentele pot fi reparate sau înlocuite la timp. Alte tehnologii active bazate pe senzori includ: microscopu electronic cu scanare, LiDARul, radarul, GPS-ul, radiografia medicală, sonarul, seismografele. Datele colectate prin teledetecție sunt utilizate pentru orice, de la cartografie la explorarea resurselor până la măsurători atmosferice și chimice. [12]. În teledetecție, „senzorul” este dispozitivul folosit pentru a obține date, adică pentru a măsura radiațiile care ajung la satelit. Este preferat cuvântul senzor, deoarece se referă la un mod mai larg de obținere a informațiilor decât o cameră foto. O cameră foto se referă de obicei la informații care pot fi văzute doar de ochul uman, în timp ce teledetecția implică multe tipuri diferite de radiații în spectrul electromagnetic. În teledetecție, sunt folosiți mulți senzori diferiți care au sensibilități variate la radiații la diferite lungimi de undă din spectrul electromagnetic. De exemplu, unii senzori sunt proiectați să primească toate lungimile de undă „verzi”, în timp ce alții sunt orientați mai mult către lungimi de undă în infraroșu.[13].

### 2.3. Rezoluția imaginilor digitale

O imagine digitală este un dreptunghi format din multe pătrate mici numite pixeli. Pixelul este deci un element component, foarte mic, al imaginilor grafice (fotografii, desene etc.) digitale, practic un pătrat mic de culoare. Cuvântul provine din engleză de la PICTURE ELEMents (elemente de imagine). Se prescurtează prin "px" sau cu "p". Numărul de pixeli pe lățimea și înălțimea imaginii se numește rezoluție. O imagine cu 640 pixeli pe lățime și 480 pixeli pe înălțime are o rezoluție de 640x480. Cu cât sunt mai mulți pixeli în fișierul imagine, cu atât este mai mare rezoluția.[14,15]. Practic, imaginea este un mozaic format din pătrate mici, respectiv denumiții pixeli(Figura 2.4.).



**Figura 2.4. Pixelul ca element primar al imaginii[16]**

Rezoluția este cantitatea de informații conținute într-o imagine, practice, sintetizând informațiile anterioare, o imagine digitală este un mozaic format din acele plăci foarte mici pe care le-am menționat anterior. Cu cât sunt mai mici plăcile, numiții pixeli, cu atât sunt mai mari detaliile și cu atât designul este mai complex. [17]. Analiza calității unei imagini digitale se face în termeni de densitate de pixeli sau numărul de pixeli pe inch (măsurăți pe orizontală). Aceasta este denumită PPI (sau pixeli pe inch).[15-17].

#### **2.4. Imagini pancromatice și imagini multispectrale**

Imaginea Pancromatică este realizată atunci când senzorul de imagine devine sensibil la o cantitate imensă de lungimi de undă a luminii, care se întinde pe o parte vizibilă cu spectru mare. Dacă există o coincidență a intervalului vizibil cu intervalul de lungime de undă, atunci imaginea rezultată arată ca o fotografie „alb-negru” din spațiu. Cantitatea fizică măsurată este luminozitatea aparentă a țintei și, prin urmare, se pierde „culoarea” țintelor sau informațiilor spectrale, ceea ce arată că permite toate culorile, ceea ce înseamnă că banda conține un semnal de gamă largă.[18].



**Figura 2.5. Imagine Pancromatică[18]**

Imagini pancromatice sunt realizate de sateliți, de exemplu, SPOT6 / 7 și gama de sateliți Landsat. Acestea concentrează o cantitate de intensitate pe fiecare pixel, care este apoi vizualizată în imagini de gri. Prin urmare, informațiile din fiecare pixel sunt direct legate de intensitatea radiației solare reflectate de obiecte care se află în acel pixel și este detectat de senzor. Datorită cantității colectate de radiații pe pixel, senzorii detectează modificările de luminozitate la nivelurile spațiale mai mici. Datele pancromatice sunt de obicei reprezentative pentru o gamă variată de lungimi de undă și benzi, de exemplu, infraroșu termic sau vizibil, adică combină diferite culori, de aici denumirea „pan” cromatică[18].

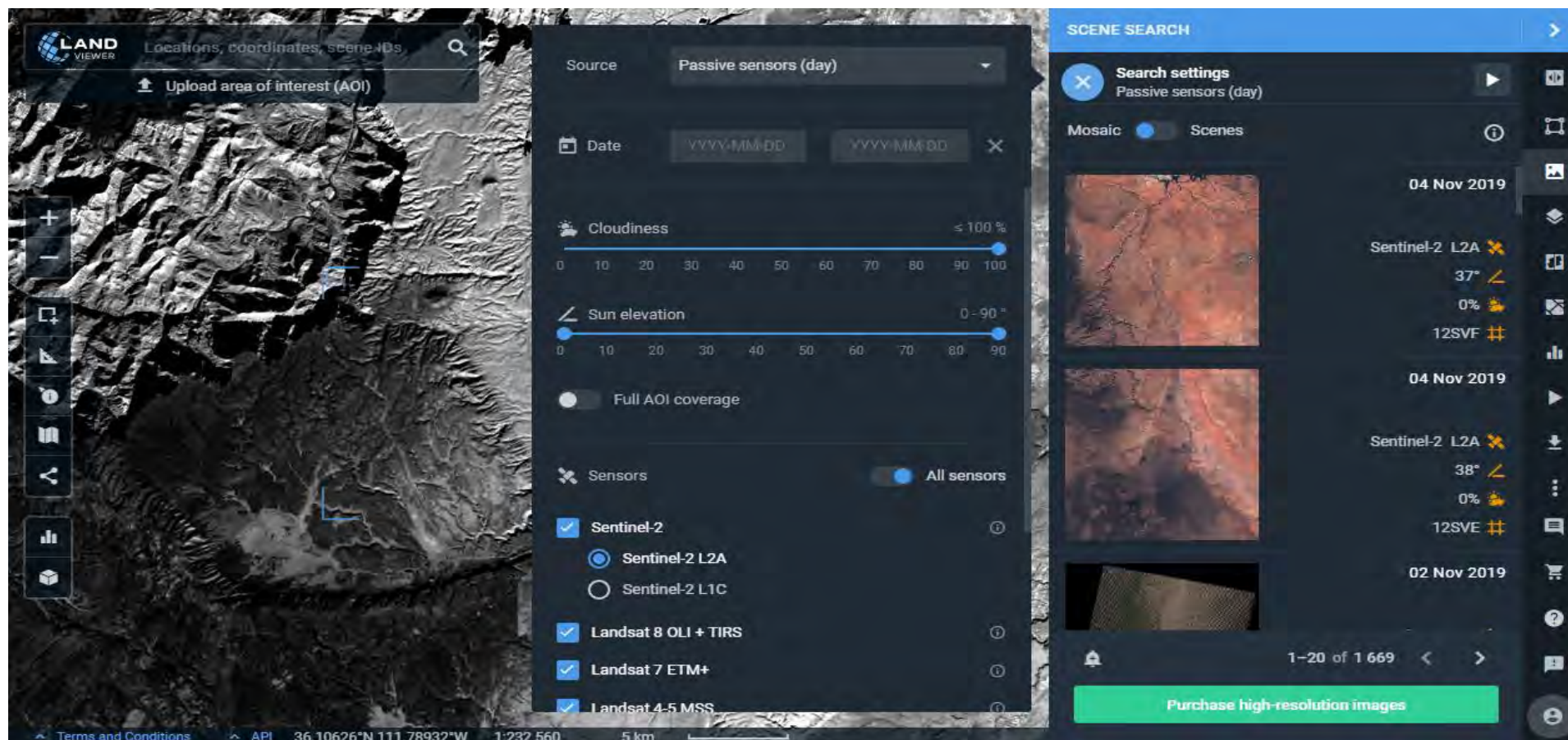


Figura 2.6. Imagine Pancromatică transmisă de satelițul Santinel 2L2A a zonei Grand Canyon, Arizona, Statele Unite ale Americii,  $36.05755^{\circ}\text{N } 112.13934^{\circ}\text{W}$ [19]

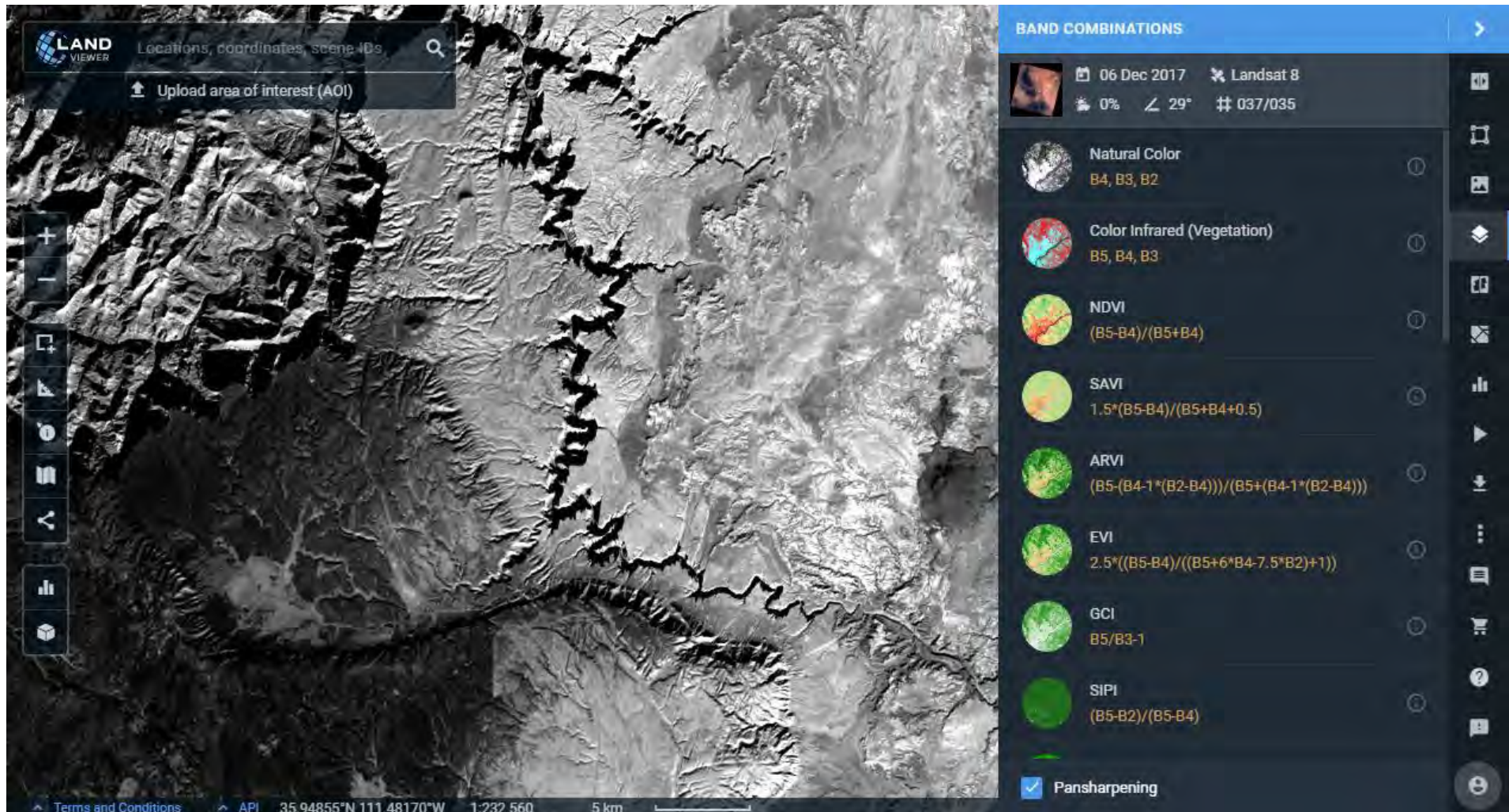
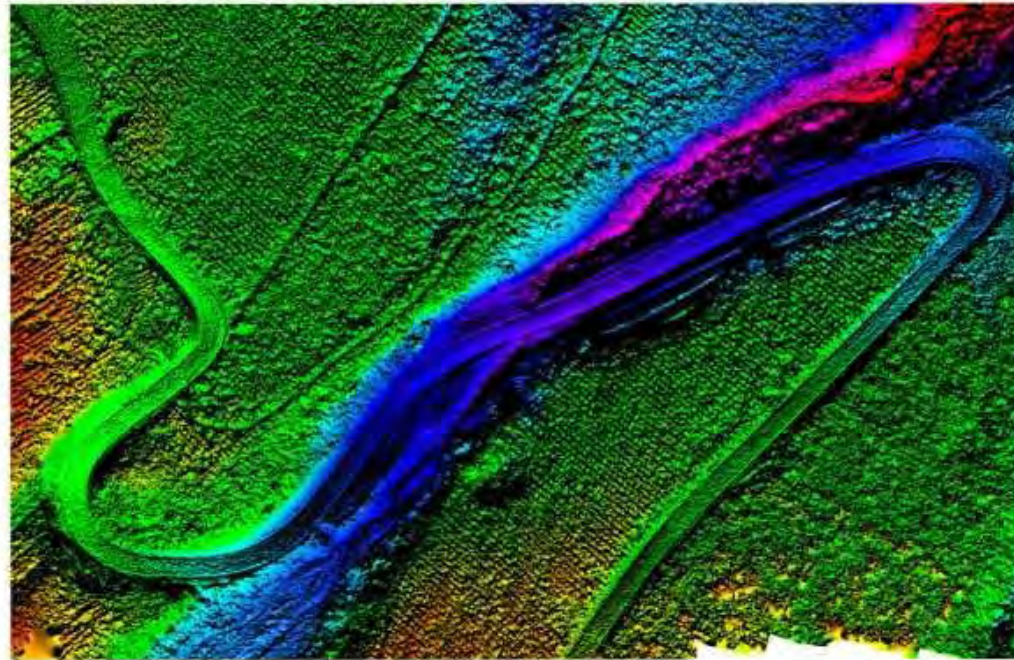


Figura 2.7. Imagine Pancromatică transmisă de satelitul Landsat 8 OLI a zonei Grand Canyon, Arizona, Statele Unite ale Americii, 36.05755°N 112.13934°W[19]



O imagine multispectrală este cea care preia datele imaginii în anumite intervale de lungime de undă din spectrul electromagnetic. Lungimile de undă pot fi separate prin filtre sau prin utilizarea unor instrumente sensibile la anumite lungimi de undă. Imagistica spectrală poate permite extragerea informațiilor suplimentare pe care ochiul uman nu reușește să le capteze. [20]. Imagistica multispectrală măsoară lumina într-un număr mic (de obicei între 3 și 15) de benzi spectrale. Imagistica hiperspectrală este un caz special de imagistică spectrală, unde deseori sunt disponibile sute de benzi spectrale contigue. [21]



**Figura 2.8. Imagine multispectrală[22]**

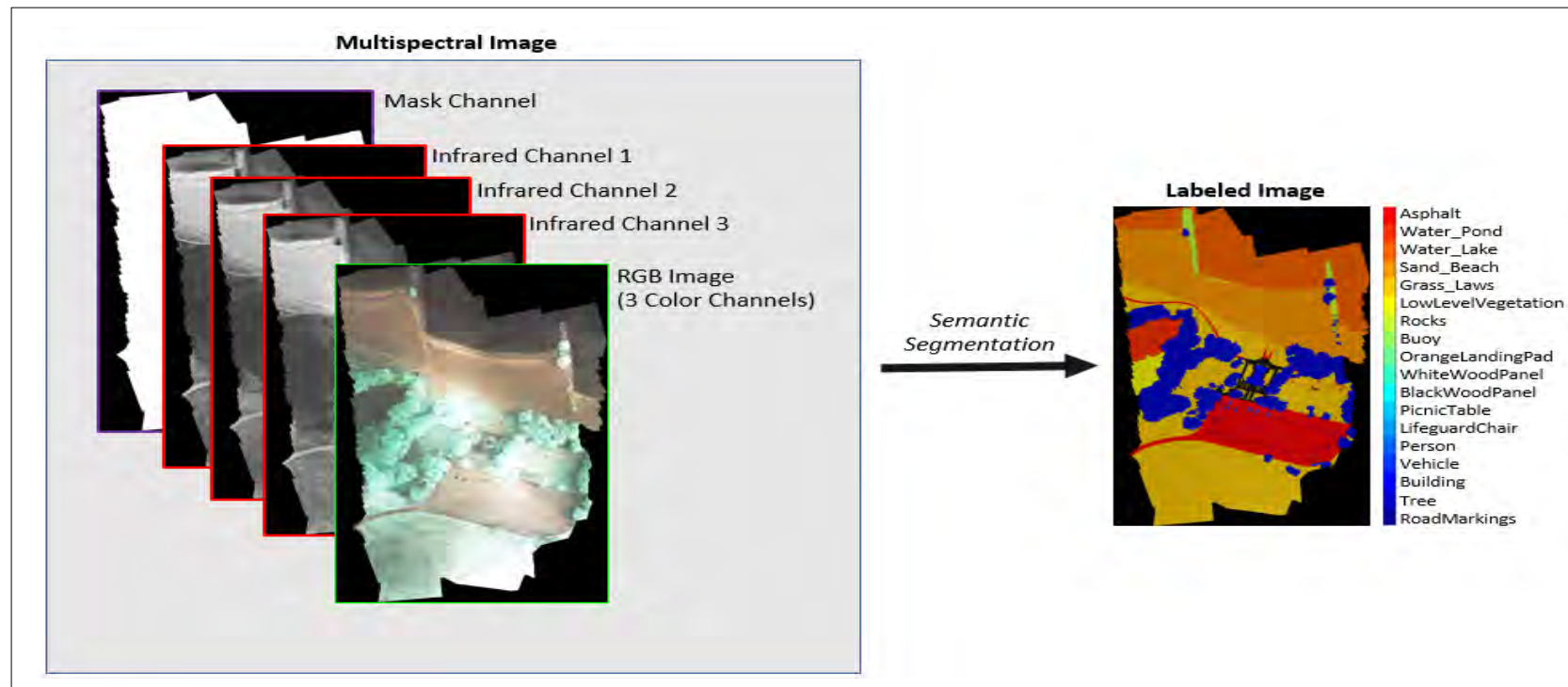
Imagistica multispectrală surprinde lumina dintr-o gamă restrânsă de lungimi de undă în spectrul electromagnetic. Imaginile multispectrale sunt surprinse fie cu camere speciale care separă aceste lungimi de undă folosind filtre, fie cu instrumente sensibile la anumite lungimi de undă, inclusiv lumina de la frecvențe care sunt invizibile pentru ochiul uman (infraroșu și ultraviolete, de exemplu). Imagistica multispectrală a fost dezvoltată de NASA pentru imagistica bazată pe spațiu, dar acum este utilizată într-o mare varietate de aplicații.[22]. Cele mai importante aplicații sunt următoarele[22]:

- Sateliții de observare a Pământului poartă o serie de instrumente pentru măsurarea radiațiilor infraroșii și ultraviolete. În acest caz, în imagistica multispectrală se combină între două și cinci benzi de imagine spectrale într-un singur sistem optic.
- Instrumentele de imagistică multispectrală instalate pe Worldview-2 de la Terra și Digital Globe de la NASA au oferit cercetărilor un nou mod de observare a pământului, în special pentru cercetarea agricolă și cartografierea dezastrelor naturale provocate de om.
- Sateliții Landsat folosesc senzori multispectrali pentru studierea schimbărilor de utilizare a terenului și de acoperire a terenurilor, tendințele și ciclurile de vegetație și producție agricolă, calitatea apei și a mediului, soluri, geologie și alte probleme referitoare la resurse și științe terestre. De fapt, Landsat a fost una dintre cele mai importante surse de date multispectrale cu rezoluție medie la nivel global.
- Imagistica multispectrală are o mare varietate de aplicații militare, inclusiv localizarea explozivilor improvizați, descoperirea mișcărilor inamice în timpul nopții și măsurarea profunzimii buncărelor ascunse. Imagistica multispectrală este utilizată, de asemenea, pentru a detecta minele de pe pământ și rachetele subterane, analizând emisivitatea suprafețelor solului. Dronele care survolează câmpurile de luptă folosesc o cameră foto care achiziționează imagini înregistrate în șase benzi spectrale.
- Imagistica multispectrală este, de asemenea, utilizată pentru a interpreta papirusuri antice și alte documente din antichitate prin gama infraroșu.
- Imagistica multispectrală este folosită și în agricultură pentru a gestiona mai eficient culturile, solul, fertilizarea și irigarea. Camerele multispectrale montate pe drone detectează pete de undă pentru a capta imagini vizibile și invizibile ale culturilor și vegetației. Imagistica multispectrală îi ajută pe fermieri să reducă la minimum utilizarea îngrășămintelor și irigațiilor, crescând totodată randamentul din culturile acestora.
- Imagistica multispectrală este utilizată pentru a colecta date din zone periculoase și inaccesibile. Aplicațiile de teledetecție includ monitorizarea defrișărilor din diferite zone, caracteristici glaciare din regiunile arctice și antarctice și cercetarea în profunzime a adâncimilor mărilor și a oceanelor.
- Imagistica multispectrală este folosită din spațiu pentru a cartografi și pentru a monitoriza înflorirea algelor în apele de coastă. Știința detectării înfloririi algelor cu imagistică multispectrală este la început, din cauza prezenței sedimentelor suspendate și a materiei organice dizolvate, care interferează cu imaginile.

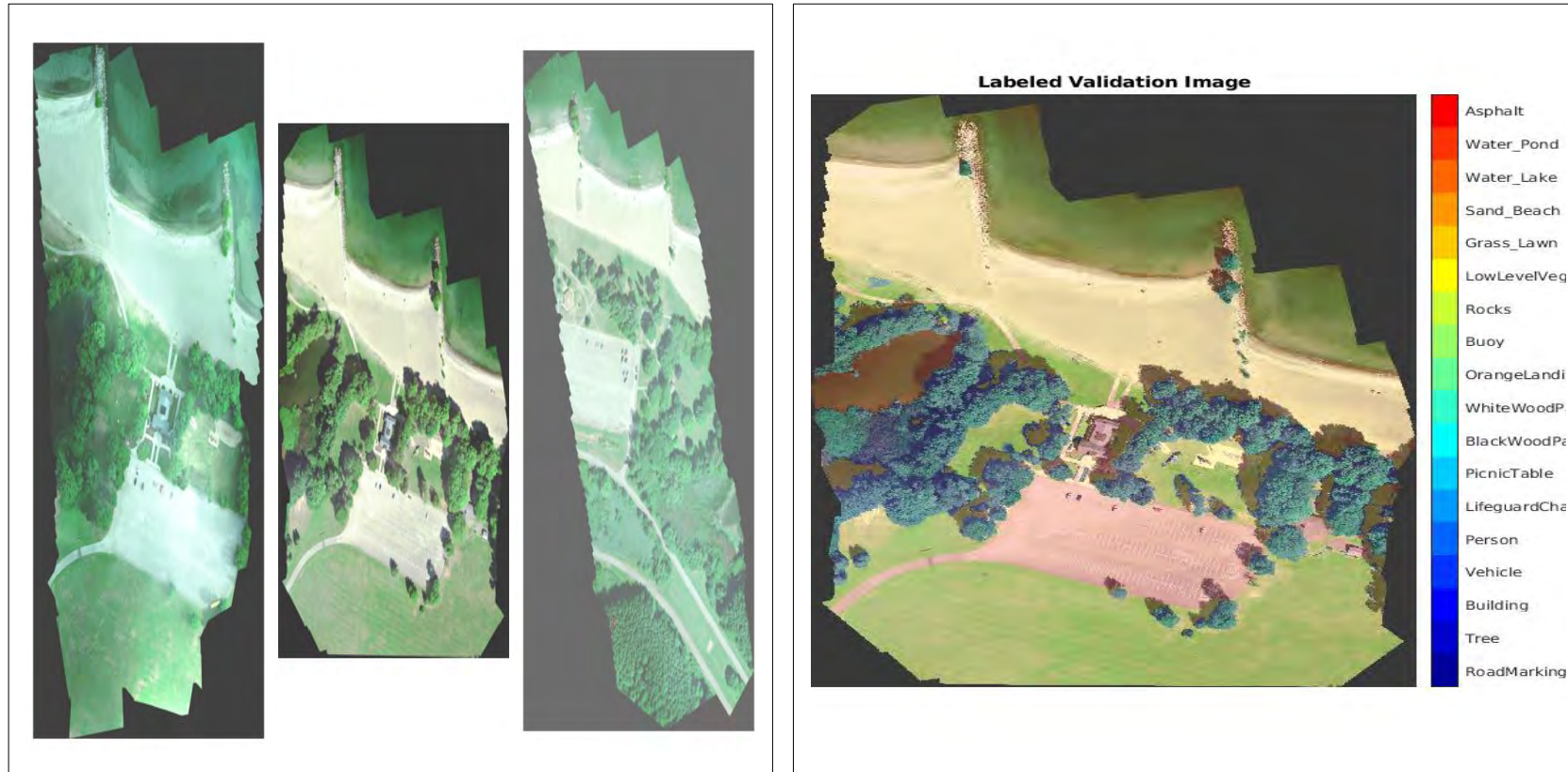
Majoritatea sateliților de teledetecție comerciali, precum Landsat, SPOT, RapidEye și Worldview-2 și 3 generează imagini multispectrale care acoperă porțiunile vizibile și infraroșii ale spectrului electro magnetic. Sistemele de imagistică care captează date din numeroase benzi și, de obicei, înguste, pe o porțiune largă a spectrului electromagnetic produc imagini hiperspectrale (de exemplu, AVIRIS, EnMap și Hyperion). Senzorii multispectrali furnizează de obicei mai puțin de 15 benzi, în timp ce senzorii hiperspectrali pot furniza mai mult de 100 de benzi spectrale, ceea ce explică numele său specific. În plus față de benzile multispectrale, imaginile pancromatice sunt produse de sateliți precum Landsat, gama de sateliți DigitalGlobe și SPOT6 / 7. Astfel de imagini au o singură bandă care „combină” informațiile din benzile vizibile de albastru, verde și roșu. Informațiile conținute în fiecare pixel al unei imagini pancromatice sunt, prin urmare, direct legate de intensitatea totală a radiației solare care este reflectată de obiectele din pixel și este detectată de sensorul satelitului. Datorită cantității mai mari de radiații solare colectate pe pixel, senzorii / detectoarele pancromatice sunt capabile să detecteze modificări de luminozitate la dimensiuni spațiale mai mici (adică, dimensiunea pixelilor) decât detectoarele multispectrale. În schimb, datorită cantității relativ mici de energie disponibilă pentru fiecare bandă multispectrală, detectoarele trebuie să preleveze o suprafață mai mare

(dimensiunea pixelilor) pentru a colecta cantitatea minimă de energie necesară pentru detectarea diferențelor de luminositate. Astfel, imaginile multispectrale tind să aibă dimensiuni de pixeli mai mari (adică, reprezentând zona eșantionată) decât imaginile panchromatice, care datorită cantității mari de probă de energie au o suprafață mai mică și, prin urmare, o dimensiune mai mică a pixelilor[23].

Segmentarea semantică a imaginilor multispectrale reprezintă o aplicare foarte importantă în exploatarea acestora. Segmentarea semantică implică etichetarea fiecărui pixel într-o clasă de imagine. O aplicație a segmentării semantice este urmărirea defrișării, care reprezintă cea mai mare schimbare în timp a acoperirii pădurilor. Agențiile de mediu urmăresc defrișarea pentru a evalua și cuantifica sănătatea ecologică a unei regiuni. Segmentarea semantică poate produce o măsurare precisă a acoperirii vegetației din fotografiile aeriene de înaltă rezoluție. O provocare este diferențierea claselor cu caracteristici vizuale similare, cum ar fi încercarea de a clasifica un pixel verde ca iarbă, arbust sau arbore. Pentru a crește precizia clasificării, unele seturi de date conțin imagini multispectrale care oferă informații suplimentare despre fiecare pixel. De exemplu, setul de date Hamlin Beach Park Park completează imaginile color cu canale cu infraroșu aproape, care oferă o separare mai clară a claselor.[24].



**Figura 2.9. Segmentarea semantică a imaginilor multispectrale, exemplul arată modul în care se utilizează tehnici de segmentare semantică pentru a calcula procentul de acoperire al vegetației dintr-un set de imagini multispectrale. [24]**



a.

b.

**Figura 2.10. Segmentarea semantică a imaginilor multispectrale, în exemplul a. sunt afișate ultimele trei canale egalizate cu histogramă a datelor care corespund benzilor de infraroșu și evidențiază diferite componente ale imaginii pe baza semnăturilor lor de căldură. De exemplu, copacii din centrul imaginii celui de-al doilea canal arată mai multe detalii decât copacii din celelalte două canale, în exemplul b. se prezintă validarea semnificațiilor culorilor prin care apar diferite caracteristici ale terenului[24]**

Un exemplu de senzor multispectral este Landsat-8. Landsat-8 produce 11 imagini cu următoarele benzi[26]:

- Aerosoli de coastă în banda 1 (0,43-0,45  $\mu\text{m}$ ),
- Albastru în banda 2 (0,45-0,51  $\mu\text{m}$ ),
- Verde în banda 3 (0,53-0,59  $\mu\text{m}$ ),

- Roșu în banda 4 (0,64-0,67  $\mu\text{m}$ ),
- NIR infraroșu aproape în banda 5 (0,85-0,88  $\mu\text{m}$ ),
- SWIR cu undă scurtă infraroșu 1 în banda 6 (1,57-1,65  $\mu\text{m}$ ),
- SWIR 2 cu undă scurtă în infraroșu în banda 7 (2.11-2.29  $\mu\text{m}$ ),
- Pancromatic în banda 8 (0,50-0,68  $\mu\text{m}$ ),
- Cirrus în banda 9 (1,36-1,38  $\mu\text{m}$ ),
- Infraroșu termic 1 în banda 10 (10.60-11.19  $\mu\text{m}$ ),
- Infraroșu termic 2 în banda 11 (11.50-12.51  $\mu\text{m}$ )

Fiecare bandă are o rezoluție spațială de 30 de metri cu excepția benzilor 8, 10 și 11. În timp ce banda 8 are o rezoluție spațială de 15 metri, benzile 10 și 11 au dimensiunea de 100 de pixeli. Satelitul TRW Lewis a fost menit să fie primul sistem de satelit hiperspectral în 1997. Din păcate, NASA a pierdut contactul cu acesta. Ulterior în urma unei lansări de succes a apărut spectrometrul imagistic Hyperion (parte a satelitelui EO-1) care este un exemplu de senzor hiperspectral. De exemplu, Hyperion produce imagini de rezoluție de 30 de metri în 220 de benzi spectrale (0,4-2,5  $\mu\text{m}$ ). Spectrometru de vizibilitate / infraroșu (AVIRIS) al NASA este un exemplu de senzor hiperspectral în aer. De exemplu, AVIRIS livrează 224 de canale contigue cu lungimi de undă de la 0,4-2,5  $\mu\text{m}$ [26]. Făcând o comparație Multispectral vs hyperspectral, se poate concluziona Multispectralul operează în 3-10 benzi mai largi iar Hiperspectralul în sute de benzi înguste.

**Bibliografie Capitolul 2**

- [1]. <https://imagine.gsfc.nasa.gov/science/toolbox/emspectrum1.html>
- [2]. <https://www.britannica.com/science/electromagnetic-spectrum>
- [3]. [https://www.miniphysics.com/electromagnetic-spectrum\\_25.html](https://www.miniphysics.com/electromagnetic-spectrum_25.html)
- [4]. <https://openstax.org/books/astronomy/pages/5-2-the-electromagnetic-spectrum>
- [5]. Pond, Norman H. "The Tube Guys". Russ Cochran, 2008 p.31-40
- [6]. Gilmour, A. S. (2011). Klystrons, Traveling Wave Tubes, Magnetrons, Cross-Field Amplifiers, and Gyrotrons. Artech House. pp. 3–4. ISBN 978-1608071845
- [7]. <https://en.wikipedia.org/wiki/Klystron#/media/File:Klystron.jpg>
- [8]. <https://whatis.techtarget.com/definition/sensor>
- [9]. <https://gisgeography.com/passive-active-sensors-remote-sensing/>
- [10]. <https://www.nasa.gov/>
- [11]. [https://www.nasa.gov/directorates/heo/scan/communications/outreach/funfacts/txt\\_passive\\_active.html](https://www.nasa.gov/directorates/heo/scan/communications/outreach/funfacts/txt_passive_active.html)
- [12]. <https://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/active-sensor>
- [13]. [http://www.esa.int/Education/6.\\_Passive\\_sensors](http://www.esa.int/Education/6._Passive_sensors)
- [14]. <https://whatis.techtarget.com/definition/pixel>
- [15]. <http://imageprophoto.com/resolution-explained.html>
- [16]. <https://digital-photography-school.com/image-size-and-resolution-explained-for-print-and-onscreen/>
- [17]. <http://www.bestprintingonline.com/resolution.htm>
- [18]. <https://eos.com/panchromatic/>
- [19]. [https://eos.com/landviewer/?lat=36.01412&lng=111.57303&z=11&s=Landsat8&id=LC08\\_L1TP\\_037035\\_20171206\\_20171223\\_01\\_T1&b=Panchrom](https://eos.com/landviewer/?lat=36.01412&lng=111.57303&z=11&s=Landsat8&id=LC08_L1TP_037035_20171206_20171223_01_T1&b=Panchrom)
- [20]. R.A. Schowengerdt. Remote sensing: Models and methods for image processing, Academic Press, 3rd ed., (2007)
- [21]. Hagen, Nathan; Kudenov, Michael W. "Review of snapshot spectral imaging technologies". Spie. Digital Library. Optical Engineering. Archived from the original on 20 September 2015. Retrieved 2 February 2017
- [22]. <https://photographycourse.net/multispectral-imaging-used-for/>
- [23]. <https://www.stars-project.org/en/knowledgeportal/magazine/remote-sensing-technology/introduction/multispectral-and-panchromatic-images/>
- [24]. <https://www.mathworks.com/help/images/multispectral-semantic-segmentation-using-deep-learning.html>
- [26]. <https://gisgeography.com/multispectral-vs-hyperspectral-imagery-explained/>

### 3. Platforme utilizate în teledeteție. Sisteme satelitare pasive

#### 3.1. Platforme utilizate în teledeteție

Platforma reprezintă vehiculul sau suportul pentru un senzor de la distanță cu scopul de a colecta și înregistra energia reflectată sau emisă de către o țintă-obiect sau suprafață. Senzorul trebuie să fie amplasat pe o platformă stabilă scoasă în afara elementului de la suprafața terestră analizat. Există trei categorii largi de platforme de teledeteție: pot fi situate pe sol, pe o altă platformă amplasată în atmosfera Pământului (aeronavă, dronă (Sistem UAV), sau pe o navă spațială sau satelit situate în afara atmosferei Pământului. Factorul cheie pentru selecția unei platforme este altitudinea la care trebuie amplasată astfel încât să se obțină o anumită rezoluția la sol și care depinde, de asemenea, de câmpul vizual instantaneu al senzorului amplasat la bord. Alegerea platformei pe care este amplasat un anumit senzor determină o serie de atribute, care pot dicta utilizarea anumitor senzori. Aceste atribute includ: distanța senzorului în raport de obiectul de interes, periodicitatea achiziției imaginii, momentul achiziției imaginii și locația și întinderea acoperirii imaginii. [1-4].

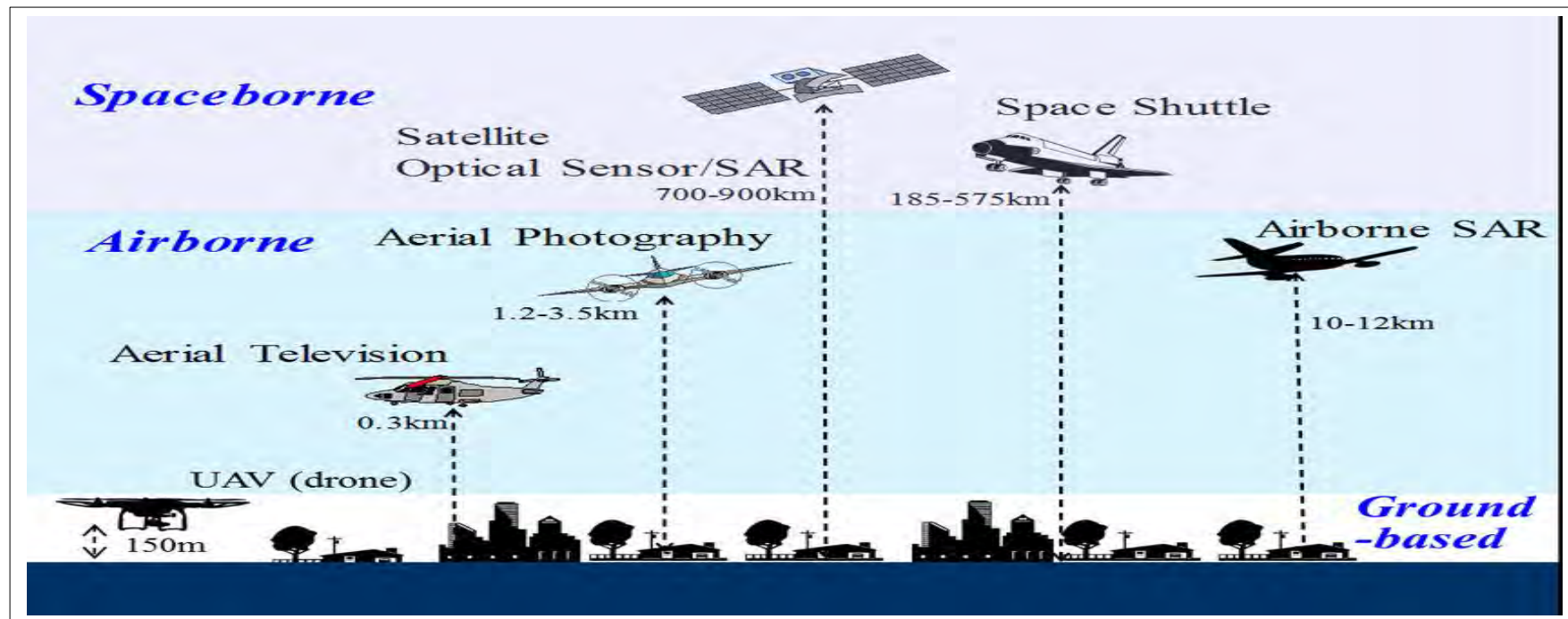


Figura 3.1. Diferite platforme și senzori folosiți pentru teledeteție la sol, în aer și în spațiu[5]



**Figura 3.2. Cele patru categorii de platforme folosite pentru teledetecție, a. Platforme terestre[6], Platforme aeriene fără pilot(Drone)[7], Platforme aeriene cu pilot(elicoptere, aeronave de joasă altitudine, aeronave de mare altitudine), [6], Platforme spațiale (navete spațiale, sateliți cu orbita polară și sateliți geostaționari)[8]**

### 3.1.1. Platforme terestre

Senzorii montați pe platforme terestre sunt folosiți pentru a înregistra informații detaliate despre o suprafață, corp, obiect aflat amplasat la sol, comparativ cu informațiile colectate de la senzorii amplasați în atmosferă sau în spațiu. Acești senzori pot fi utilizați pentru a caracteriza mai bine ținta studiată, care apar și în imagini preluate de la diferite altitudini, ceea ce face posibilă o mai bună înțelegere a informațiilor date de aceste imagini. Senzorii de la sol pot fi ținuti în mână sau amplasați pe trepise, pe o scară, schela, o clădire înaltă, un copoc înalt, o macara etc. [1]. Instrumentele bazate pe sol sunt adesea folosite pentru a măsura cantitatea și calitatea luminii provenite de la soare sau pentru de exemplu, pentru a studia proprietățile unei singure plante sau a unei mici suprafețe de iarbă. Instrumentele de laborator sunt utilizate aproape exclusiv pentru cercetare, calibrarea senzorilor și controlul calității imaginilor preluate în teren prin senzori aeriene. O mare parte din lucrările de laborator sunt utilizate pentru a înțelege modul în care teledetecția poate fi mai bine utilizată pentru a identifica diferite materiale. Aceasta contribuie la dezvoltarea de noi senzori care îmbunătățesc tehnologiile existente. Instrumentele de teren sunt, de asemenea, utilizate în mare măsură în scopuri de cercetare. Platformele solare permanente sunt de obicei utilizate pentru monitorizarea fenomenului atmosferic, deși sunt utilizate și pentru monitorizarea pe termen lung a caracteristicilor terestre. Turnurile și macarale sunt adesea folosite pentru a sprijini proiecte de cercetare unde este necesară o platformă pe termen lung stabilă și rezonabilă.[1-8]. În figura 3.3 sunt prezentate câteva exemple de montare și utilizare a senzorilor pe platforme aflate la sol, ca de exemplu a. Sensor montat pe un vehicul pentru verificarea și controlul stării drumurilor[9], b. Sensor montat pe suprastructura unui sistem de irigații pentru controlul și dirijarea irigației unei culturi[9], c. Ecologul Joe Berry verificând instrumentele din vârful unui turn din Saskatchewan, Canada. Turnul este amplasat lângă molid negru în vârstă de 120 de ani, unul dintre



copacii predominanți în pădurea boreală. Acțiunea a fost realizată în cadrul programului Boreal Ecosystem-Atmosphere Study (BOREAS) lansat de NASA Earth Observatory. Programul BOREAS a fost un program de cercetare internațional major sponsorizat de Centrul de zbor spațial Goddard al NASA și realizat în pădurea boreală canadiană. Obiectivele sale principale au fost să stabilească modul în care pădurea boreală interacționează cu atmosfera (prin transferul de gaze și energie), cât de mult este depozitat carbon în ecosistemul forestier, stabilirea modului cum schimbările climatice vor afecta pădurea și cum schimbările din pădure afectează vremea și climă.[10], d. Ca parte integrantă a strategiei de măsurare Boreal Ecosystem-Atmosphere Study s-au folosit senzori montați pe turnurile forestiere pentru a măsura interacțiunile dintre pădure și atmosfera inferioară. În fiecare sezon, s-au colectat date despre schimburile de căldură, dioxidul de carbon, ozon și vapori de apă pentru a obține o perspectivă asupra „schimbului” continuu care are loc între ecosistemul boreal și atmosferă. Scopul acestor studii este de a înțelege modul în care schimbările de temperatură ale aerului, umiditatea și nivelurile de dioxid de carbon pot afecta ecosistemul boreal și ce rol joacă pădurea boreală în schimbările climatice la scară globală. [10], e. Radarul folosit de cercetătorii de la Universitatea Tehnologică din Arkansas în octombrie 2015, în statul Idaho, pentru monitorizarea incendiilor de pădure. [11].



**Figura 3.3. Exemple de utilizare a senzorilor montați pe platforme terestre**

### 3.1.2. Platformele aeriene fără pilot

Platformele aeriene fără pilot cunoscute sub denumirile de UAV(Unmanned Aerial Vehicle) sau Drone au cunoscut o dezvoltare rapidă în utilizarea acestora ca platforme de teledetectie, înregistrându-se în timp progrese în miniaturizarea instrumentelor și sistemelor de date, ceea ce a condus și la scăderea prețului acestora fapt care a avut ca efect utilizarea pe scară tot mai largă a acestei tehnologii în zonele urbane dar nu numai. UAV este un sistem aerian sau o aeronavă operată de la distanță de către un operator uman sau autonom de un computer de bord. [12,13]. Department of Space, Indian Space Research Organisation(Departamentul spațiului, organizația indiană de cercetare spațială) prezintă câteva aplicații în care s-au folosit drone, ca de exemplu[13].:

1. Cartografierea zonelor afectate de alunecare de teren: O serie de alunecări de teren au avut loc în zona Nongpoh-Meghalaya-Guwahati-Shillong care au provocat pierderi importante materiale și de vieți.(Figura 3.4.a.);

2. Evaluarea daunelor de culturi infestate: pentru satul Naramari din districtul Morigaon, Assam, India a fost raportat cu infestare severă de către insecta Brown Plant Hopper (BPH). Conform solicitării oficialilor guvernului statului Assam, un zbor UAV a fost efectuat în zona afectată și o suprafață totală de 0,55 km<sup>2</sup> a fost acoperită cu un zbor de 15 minute.(Figura 3.4.b.). Figura 3.4.c. arată clasificarea câmpurilor de orez infestate cu BPH.
3. Cartografierea pe scară largă a orașului Nongpoh din Meghalaya: Un zbor a fost efectuat la 120 m înălțime de-a lungul NH-40 pentru o perioadă de 12 minute, acoperind o suprafață de 0,84 mp. Km. Imaginea a fost achiziționată cu o rezoluție de pixeli la sol de 5 cm. (Figura 3.4.d.). Figura 3.4.e. prezintă rezultatul prelucrării imaginilor preluate, respectiv Harta de utilizare a terenurilor din orașul Nongpoh.
4. Construcția modelului de teren tridimensional: Figura 3.4.f. arată reconstrucția 3D a Complexului comercial Municipal Urban Development Authority (MUDA) din orașul Nongpoh folosind imaginile UAV cu o rezoluție de pixeli la sol de 5 cm.

### 3.1.3. Platformele aeriene cu pilot

Platformele aeriene sunt în primul rând aeronave cu aripi stabile, deși ocazional sunt utilizate elicoptere. Aeronavele sunt adesea folosite pentru a colecta imagini foarte detaliate și pentru a facilita colectarea de date pe aproape orice porțiune a suprafeței Pământului, în orice moment.[1]. Primele imagini aeriene au fost achiziționate cu o cameră transportată în aer de un balon în 1859. Baloanele sunt folosite rar astăzi, deoarece nu sunt foarte stabile și cursul zborului nu este întotdeauna previzibil, deși baloanele mici care poartă diferite sonde-senzor sunt folosite pentru unele cercetări meteorologice. Avioanele sunt cea mai comună platformă aeriană. Aproape întregul spectru de aeronave civile și militare sunt utilizate pentru aplicații de teledetecție.. Aeronavele de joasă altitudine zboară de obicei sub altitudinii unde este nevoie de suplimentar oxigen sau presurizare (12 500 de metri deasupra nivelului mării). Acestea sunt utile pentru achiziționarea de date cu rezoluție spațială ridicată, limitate la o suprafață relativ mică. În această clasă sunt incluse avioanele comune cu acțiune fixă, cu elice, precum Cessna 172 sau 182, și Piper Cherokee. Unele dintre aceste avioane sunt special echipate pentru montarea instrumentelor de teledetecție în partea inferioară a avionului, cu toate acestea, de multe ori instrumentele sunt montate pe corpul avionului. [14]. Având în vedere definiția produselor care trebuie obținute dintr-o misiune de zbor și cerințele tehnice ale acestora, planificarea misiunii are în vedere mai multe etape care ar putea fi grupate după cum urmează[15]:

- Selectarea unui senzor adecvat,
- Selectarea unei platforme care să poarte senzorul,
- Proiectarea planului de zbor,
- Analiza factorilor care trebuie controlați în timpul operațiunilor de zbor.

Fiecare etapă menționată mai sus ar trebui să necesite un studiu adecvat în raport cu cele mai recente platforme și senzori care sunt disponibili pentru aplicațiile de teledetecție de joasă și medie altitudine.

Aeronavele cu preluarea imaginilor de la distanță medie au o limită de altitudine sub 30.000 de metri deasupra nivelului mării. Aceasta include o serie de aeronave turbo-prop. Adesea la altitudinii mai mari, există o turbulență mai mică, astfel încât stabilitatea este mai bună. Această clasă de avion este utilizată atunci când stabilitatea aeronavei este importantă și când este necesară achiziționarea de imagini de la o distanță mai mare decât cea disponibilă de la aeronavele de mică altitudine. Aceste aeronave pot obține o acoperire areală mai mare. Exemple din această clasă sunt avionul de marfă

C-130 și Cessna C402. Aeronavele de mare altitudine pot zbura la altitudini mai mari de 30.000 de metri deasupra nivelului mării. Această clasă de avioane este alimentată de obicei cu motoare cu jet și este utilizată pentru sarcini specializate, precum studii atmosferice, cercetări pentru a simula platformele de satelit și alte aplicații unde este necesară o platformă de înaltă altitudine. Aeronavele de mare altitudine sunt bune pentru achiziționarea unei acoperiri areale mari, cu rezoluții spațiale de obicei mai mici.[14].

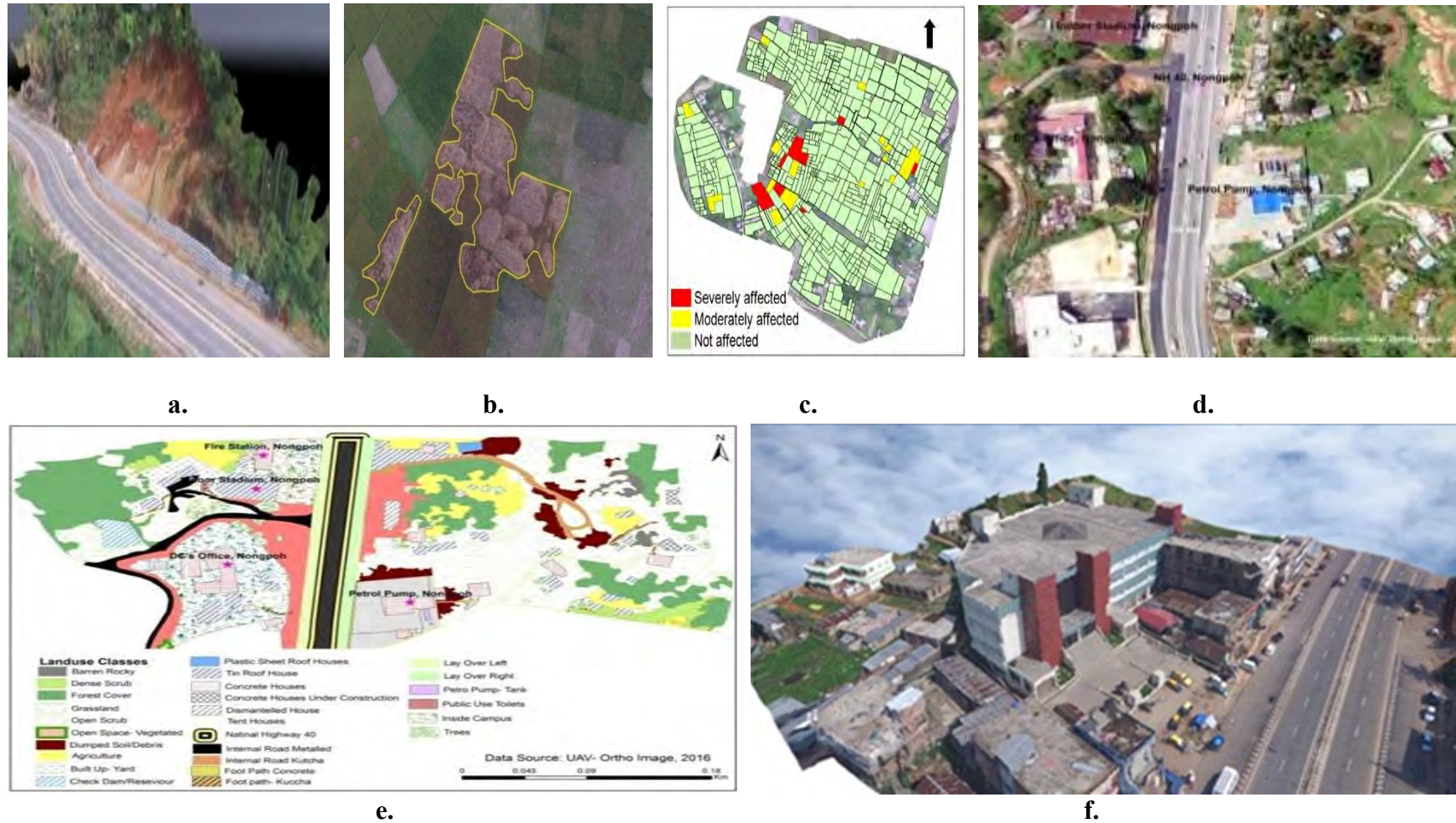
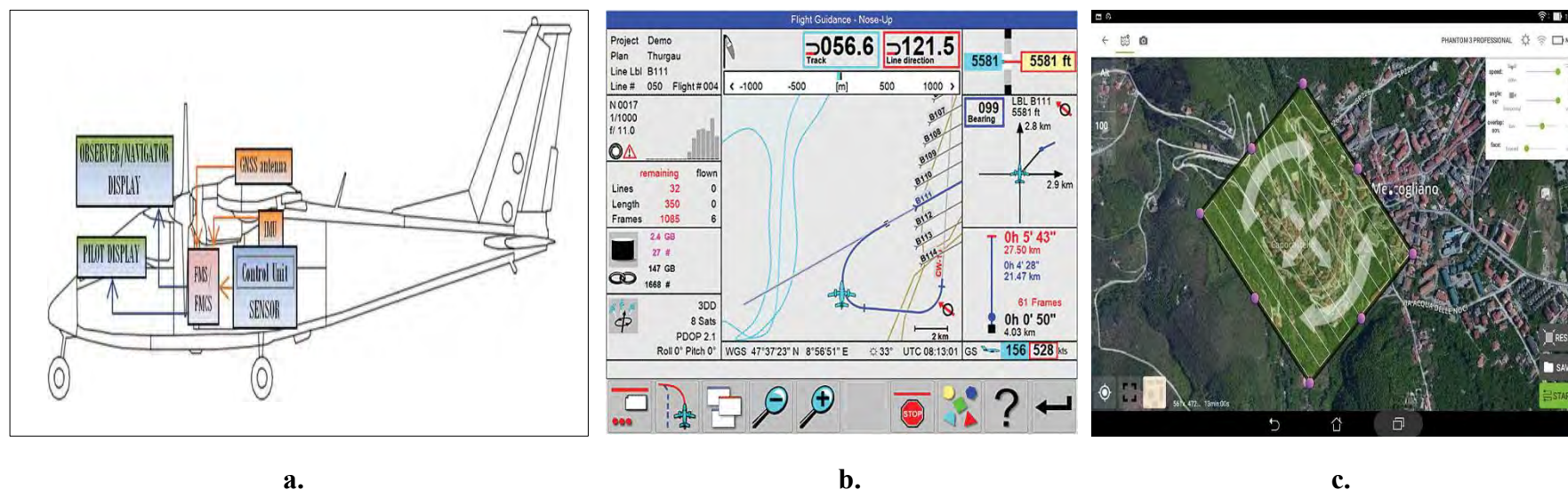


Figura 3.4. Exemple de utilizare a senzorilor montați pe platforme aeriene UAV[13]



**Figura 3.5. Detalii privind utilizarea aeronavelor în Teledetecție[15], a. Schema de dotare cu echipamente de teledetecție schițată pe aeronavă Partenavia P68, b. Captura de ecran a sistemului Leica Geosystems FlightPro Management and Control System în modul de vizualizare „Nose-up” (Leica Geosystems, 2017), c. Imagine a planificării misiunii în Pix4Dcapture GCS, care poate fi instalată pe o tabletă.**

### 3.1.4. Platformele satelitare

În spațiu, teledetecția este realizată uneori din navete spațiale sau în prezent, mai frecvent, din sateliți. Sateliții sunt cea mai stabilă platformă purtătoare de senzori de teledetecție. Sateliții sunt obiecte care se învârt în jurul unui alt obiect - în acest caz, Pământul. De exemplu, luna este un satelit natural, în timp ce sateliții artificiali includ acele platforme lansate pentru teledetecție, comunicare, scopuri militare și GNSS. Primul satelit cu teledetecție a fost lansat în 1960 în scopuri de cercetări meteorologice. În prezent există în spațiu peste o sută de sateliți de teledetecție în fiecare an fiind lansati alte zeci. Din cauza orbitelor lor, sateliții permit acoperirea repetată a suprafeței Pământului în mod continuu. Costul este adesea un factor semnificativ în alegerea dintre diversele opțiuni ale platformei.[1].






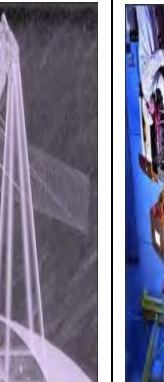



Teledetecția bazată pe sateliți este de asemenea denumită teledetecție orbitală. În telecomunicații spațiale, senzorii sunt montați la bordul unei nave spațiale (naveta spațială sau satelit) care orbitează pământul. Orbitele sateliților sunt fixe, pentru un singur satelit orbita poate fi ajustată ușor pentru a menține coerența în timp, dar nu poate să fie schimbat un tip de orbită cu alta. În platformele spațiale, sateliții sunt plasați pe trei tipuri de orbite în jurul Pământului acestea fiind: orbite geostationare, polare și orbite solare/sincroni cu Soarele. Un satelit geostationar are o perioadă de rotație egală cu cea a Pământului (24 de ore), astfel încât satelitul rămâne întotdeauna peste aceeași locație pe Pământ. Comunicațiile și sateliții meteo folosesc adesea orbite geostationare cu multe dintre ele situate peste ecuator. Într-o orbită ecuatorială, un satelit înconjoară Pământul cu o înclinație scăzută (unghiul dintre planul orbital și planul ecuatorial). Navetă spațială utilizează o orbită ecuatorială cu o înclinație de 57 de grade. Sateliții sincroni cu Soarele au orbite cu

unghiuri de înclinare ridicate, care trec aproape peste poli. Orbitale sunt cronometrate astfel încât satelitul să treacă întotdeauna peste ecuator în același timp. În acest fel, sateliții mențin aceeași poziție relativă cu soarele pentru toate orbitele sale. Mulți sateliți de teledeteție sunt sincronizați cu Soarele, care asigură condiții repetabile de iluminare a soarelui în anumite anotimpuri. Deoarece o orbită sincronă a Soarelui nu trece direct peste poli, nu este întotdeauna posibilă achiziționarea de date pentru regiunile polare extreme. O altă caracteristică orbitală este altitudinea. Naveta spațială are o altitudine orbitală mică de 300 km, în timp ce alți sateliți comuni de teledeteție mențin, de obicei, orbite mai mari, cuprinse între 600 și 1000 km. Frecvența la care un senzor satelit poate achiziționa date de pe întregul Pământ depinde de caracteristicile senzorului și orbitale. Pentru majoritatea sateliților de teledeteție, frecvența totală de acoperire variază de la două ori pe zi la o dată la 16 zile. Unele platformele spațiale au o durată scurtă, cum ar fi naveta spațială care rămâne în spațiu timp de 1-2 săptămâni, alți sateliți pot sta în spațiu pe o perioadă de lungă durată, cum ar fi cei care monitorizează resursele Pământului sau sateliții meteorologici (de exemplu, Landsat, SPOT, AVHRR). În prezent, există mai mulți sateliți de teledeteție care furnizează imagini pentru o varietate de aplicații. Teledeteția prin satelit poate îmbunătăți în mod semnificativ informațiile disponibile din surse tradiționale de date, deoarece poate oferi o vedere sinoptică a celor mari porțiuni de pe Pământ. Cu toate acestea, rezoluția este limitată din cauza altitudinii mari de zbor și a căii orbitale parcurse.[1,2]. Teledeteția spațială are următoarele avantaje[2]:




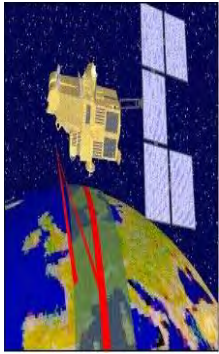


- Acoperire mare a suprafeței de pe care se preiau imagini de teledeteție,
- Acoperirea frecventă și repetitivă a zonelor de interes,
- Măsurarea cantitativă și calitativă a caracteristicilor terenului,
- Senzorii sunt calibrați radiometric,
- Prelucrare și analiză computerizată și semi automatizată,
- Cost relativ scăzut pe unitatea de acoperire,
- Un avantaj evident pe care îl au sateliții față de aeronave este cel al accesibilității globale, există numeroase restricții guvernamentale care interzic accesul la spațiul aerian în zone sensibile sau peste teritoriul unor anumite țări, orbitele satelitare nefiind supuse acestor restricții, deși pot exista acorduri legale pentru limitarea distribuției datelor colectate în anumite zone ale globului.

Majoritatea sateliților de teledeteție au fost proiectați pentru a transmite date către stațiile de recepție de la sol situate în întreaga lume. Pentru a primi date direct de la un satelit, stația de recepție trebuie să aibă o linie vizuală către satelit. Este posibil ca un satelit dat să nu poată avea o vedere directă la o stație, ceea ce duce la probleme potențiale de întrerupere a datelor. Pentru a rezolva această problemă, datele pot fi stocate temporar pe satelit și apoi descărcate ulterior la obținerea contactului cu stația de primire. O altă alternativă este retransmiterea datelor prin TDRSS (Tracking and Data Relay Satellite System), o rețea de sateliți geosincroni (geostationari) de comunicații dislocate pentru a transmite date de la sateliți la stațiile de la sol. Sateliții de teledeteție pot fi dotați cu sisteme video-fotografice, senzori electro-optici, sisteme cu microunde sau lidar. Pentru aplicațiile care beneficiază de acoperire simultană de către diferiți senzori, mai multe sisteme de detectare pot fi montate pe un singur satelit. Pe lângă sistemele cu senzori, există adesea dispozitive pentru înregistrarea, preprocesarea și transmiterea datelor.[2-14]. În tabelele următoare se prezintă principalele programe spațiale de teledeteție, acestea fiind Landsat(Tabelul 3.1.) administrat de NASA(National Aeronautics and Space Administration), Spot derivat din limba franceză "Satellite pour l'Observation de la Terre" (Tabelul 3.2.) administrat de ESA(European Space Agency) și IRS(Indian Research Sattelit) administrat de Indian Space Research Organization (ISRO)(Tabelul 3.3.).

Tabelul 3.1. Caracteristicile principale ale programelor satelitare Landsat[16]

| Satelit                               | Landsat 1   | Landsat 2   | Landsat 3   | Landsat 4  | Landsat 5   | Landsat 6   | Landsat 7   | Landsat 8  | Landsat 9   |
|---------------------------------------|---|---|---|--|---|---|---|--|---|
| <b>Detalii</b>                        |   |   |   |  |   |   |   |  |   |
| <b>Data lansării:</b>                 | 23.07.1972  | 22.01.1975  | 05.03.1978  | 16.07.1982   | 01.03.1984  | 05.10.1993  | 15.04.1999  | 11.02.2013   | Prevăzut dec.2010   |
| <b>Statut:</b>                        | Expirat 6.01.1978   | Expirat 05.02.1982  | Expirat 31.03.1983  | Expirat 15.06.2001   | Expirat 01.01.2013  | Pierdut la lansare  | Operațional   | Operațional  | Landsat 9 va continua rolul esențial al programului Landsat în monitorizarea, înțelegerea și gestionarea resurselor de teren necesare pentru susținerea vieții umane.<br>Landsat este singurul sistem de satelit din SUA conceput și operat pentru a observa în mod repetat suprafața globală a terenului, la o scară moderată, care arată atât schimbări naturale, cât și cele provocate de oameni.<br>În imaginea de mai jos este prezentat designul prevăzut al satelitului. |
| <b>Senzori:</b>                       | RBV, MSS  | RBV, MSS  | RBV, MSS  | TM, MSS  | TM, MSS   | ETM   | ETM+  | Datele nu sunt publice din motive strategice. Colectează date și imagini valoroase utilizate în agricultură, educație, afaceri, știință și guvern. Programul Landsat prevede achiziția repetitivă a datelor multispectrale de înaltă rezoluție de pe suprafața Pământului, la nivel global. Datele de la navele spațiale Landsat constituie cea mai lungă înregistrare a suprafețelor continentale ale Pământului, văzute din spațiu.<br>O perspectivă asupra legendarei zone a lui Vlad și Dracula preluată la 31.10.2018 și publicată la 31.10.2019 este cea de mai jos. |   |
| <b>Altitudine:</b>                    | 900 km  | 900 km  | 900 km  | 705 km   | 705 km  | -   | 705 km  |  |   |
| <b>Inclinație:</b>                    | 99,2 °  | 99,2 °  | 99,2 °  | 98,2 °   | 98,2 °  | -   | 98,2 °  |  |   |
| <b>Orbită:</b>                        | Polară, Sincronă  | Polară, Sincronă  | Polară, Sincronă  | Polară, Sincronă   | Polară, Sincronă  | -   | Polară, Sincronă  |  |   |
| <b>Timpul de trecere ecuatorială:</b> | ora 9:42 AM   | ora 9:42 AM   | ora 9:42 AM   | ora 09:45 AM   | ora 09:45 AM  | -   | ora 10:00 AM  |  |   |
| <b>Perioada Revoluției:</b>           | 103 minute ~ 14 orbite/zi   | 103 minute ~ 14 orbite/zi   | 103 minute ~ 14 orbite/zi   | 99 minute; ~ 14,5 orbite / zi  | 99 minute; ~ 14,5 orbite / zi   | -   | 99 minute; ~ 14,5 orbite / zi   |  |   |
| <b>Repetarea acoperirii:</b>          | 18 zile   | 18 zile   | 18 zile   | 16 zile  | 16 zile   | -   | 16 zile   |  |   |
| <b>Imaginea satelitului</b>           |  |  |  |  |  |  |  |   |    |

Tabelul 3.2. Caracteristicile principale ale programelor satelitare Spot[16-17]

| Satelit                               | Spot 1   | Spot 2   | Spot 3  | Spot 4   | Spot 5   | Spot 6   | Spot 7      |
|---------------------------------------|--|--|---|--|--|--|-------------|
| <b>Detalii</b>                        |  |  |   |  |  |  |             |
| <b>Data lansării:</b>                 | 22.02.1986   | 22.01.1990   | 26.09.1993  | 24.03.1998   | 04.05.2002   | 09.09.2012   | 30.06.2014  |
| <b>Statut:</b>                        | Expirat noiembrie 2003   | Expirat iulie 2009   | Expirat noiembrie 1996!   | Expirat 10.01.2013   | Expirat martie 2015  | Operațional  | Operațional |
| <b>Senzori:</b>                       | HRV (High-Resolution Visible)  | HRV (High-Resolution Visible)  | HRV (High-Resolution Visible)   | HRVIR_MS<br>HRVIR_MS   | HRG (High-Resolution Geometric)<br>HRS (High-Resolution Stereoscopic)                | HRVIR_MS - HRVIR_MS  |             |
| <b>Altitudine:</b>                    | 832 km   | 832 km   | 832 km  | 832 km   | 832 km   | 832 km   |             |
| <b>Inclinație:</b>                    | -  | -  | -   | 98.8 °   | -  | 98.8 °   |             |
| <b>Orbită:</b>                        | Sincronă cu Soarele  | Sincronă cu Soarele  | Sincronă cu Soarele   | Polară, Sincronă   | Polară circulară sincronă cu soarele   | Sincronă cu Soarele  |             |
| <b>Timpul de trecere ecuatorială:</b> | -  | -  | -   | ora 10:30 AM   | -  | ora 10:30 AM   |             |
| <b>Rezoluție</b>                      | 10-20 m  | 10-20 m  | 10-20 m   | 20 m   | 2,2-20 m   | 1,5-6 m  |             |
| <b>Repetarea acoperirii:</b>          | 26 zile  | 26 zile  | 26 zile   | 26 zile  | 26 zile  | 26 zile  |             |
| <b>Imaginea satelitului</b>           |  |  |  |  |  |  |             |

Datele provenite de la sateliții indieni de teledeteție sunt utilizate pentru diferite aplicații privind informarea și gestionarea resurselor în cadrul Sistemului Național de Management al Resurselor Naturale (NNRMS). Principalele aplicații sunt următoarele[29-33]:

- Intrări preluate din spațiu pentru planificarea descentralizată-Space Based Inputs for Decentralized Planning (SIS-DP),
- Sistemul național de informații urbane- National Urban Information System (NUIS),
- Programul de asistență pentru managementul dezastrelor-Disaster Management Support Programme (ISRO-DMSP),
- Caracteristici ale biodiversității la nivel de peisaj,
- Zonarea de culturilor în faza de pre-recoltare și estimarea producției culturilor majore,

- Monitorizarea și evaluarea secetei în funcție de starea vegetației,

**Tabelul 3.3. Caracteristicile principale ale programelor satelitare indiene ale Indian Space Research Organization (ISRO)[18-20]**

| Programul Nr. | Satelitul                             | Data lansării      | Locul lansării   | Statutul                              | Imagini ale sateliților reprezentativi   |
|---------------|---------------------------------------|--------------------|--|---------------------------------------|--|
| 1             | IRS-1A                                | 17 Martie 1988     | Vostok, URSS   | Misiune încheiată                     |   |
| 2             | IRS-1B                                | 29 .08. 1991       | Vostok, URSS   | Misiune încheiată                     |  |
| 3             | IRS-P1 (also IE)                      | 20 Septembrie 1993 | Satish Dhawan Space Centre (SDSC) SHAR, Sriharikota, India | Prăbușit, din cauza eșecului lansării |   |
| 4             | IRS-P2                                | 15 Octombrie 1994  | SDSC   | Misiune încheiată                     |  |
| 5             | IRS-1C                                | 28 Decembrie 1995  | Molniya, Russia  | Misiune încheiată                     | IRS-1A și 1B[21]   |
| 6             | IRS-P3                                | 21 Martie 1996     | SDSC   | Misiune încheiată                     |  |
| 7             | IRS 1D                                | 29 .09. 1997       | SDSC   | Misiune încheiată                     |   |
| 8             | IRS-P4 (Oceansat-1)                   | 27 Mai 1999        | SDSC   | Misiune încheiată                     |  |
| 9             | Technology Experiment Satellite (TES) | 22 Octombrie 2001  | SDSC   | Misiune încheiată                     |   |
| 10            | IRS P6 (Resourcesat-1)                | 17 Octombrie 2003  | SDSC   | În serviciu                           |  |
| 11            | IRS P5 (Cartosat 1)                   | 5 Mai 2005         | SDSC   | În serviciu                           | Technology Experiment Satellite (TES)[23]  |
| 12            | IRS P7 (Cartosat 2)                   | 10 Ianuarie 2007   | SDSC   | În serviciu                           |  |
| 13            | Cartosat 2A                           | 28 Aprilie 2008    | SDSC   | În serviciu                           |   |
| 14            | IMS 1                                 | 28 Aprilie 2008    | SDSC   | În serviciu                           |  |
| 15            | Oceansat-2                            | 23 Septembrie 2009 | SDSC   | În serviciu                           |   |
| 16            | Cartosat-2B                           | 12 Iulie 2010      | SDSC   | În serviciu                           |  |
| 17            | Resourcesat-2                         | 20 Aprilie 2011    | SDSC   | În serviciu                           | Resourcesat-2[25]  |
| 18            | Megha-Tropiques                       | 12 Octombrie 2011  | SDSC   | În serviciu                           |  |
| 19            | RISAT-1                               | 26 Aprilie 2012    | SDSC   | În serviciu                           |  |
| 20            | SARAL                                 | 25 Februarie 2013  | SDSC   | În serviciu                           |  |
| 21            | Resourcesat-2A                        | 07 Decembrie 2016  | SDSC   | În serviciu                           |  |
| 22            | Cartosat-2D                           | 15 Februarie 2017  | SDSC   | În serviciu                           |  |
| 23            | Cartosat-2E                           | 23 Iunie 2017      | SDSC   | În serviciu                           | RISAT-1[27]  |
| 24            | Cartosat-2F                           | 12 Ianuarie 2018   | SDSC   | În serviciu                           |  |
|               |                                       |                    |  |                                       | SARAL[28]  |

- Cartografierea zonelor de risc de inundații și evaluarea daunelor la inundații,
- Hărți hidro-geomorfologice pentru localizarea resurselor de apă subterane pentru forarea puțurilor,
- Monitorizarea stării zonelor de irigații,
- Estimări de scurgere la topirea zăpezii pentru planificarea utilizării apei,



- Utilizarea terenului și cartografierea acoperirii terenului,
- Planificare urbană,
- Analize forestiere,
- Cartografierea zonelor umede,
- Analiza impactului asupra mediului,
- Prospectarea mineralelor,
- Studii costiere,
- Misiunea integrată pentru dezvoltare durabilă (inițiată în 1992) pentru generarea de prescripții specifice pentru dezvoltarea integrată a resurselor terestre și de apă în 174 de districte,
- Planul de resurse al districtului nord-estic-North Eastern District Resources Plan (NEDRP).

Timothy J. Puckorius fondator și CEO la Earth Observation Technologies LLC(EOTec) a făcut o interesantă prezentare a istoriei evoluției programelor indiene de teledeteție în cadrul ICRSS Conference, .03. 3, 2010 care a avut loc la Washington DC, SUA.(Figura 3.6.). De menționat că această companie este distribuitorul IRS Data în Nordul Americii. În această prezentare Puckorius explică de ce a investit India atât de mult în Teledeteție și alte tehnologii spațiale precizând că în mare parte acest fapt este datorat viziunii Dr.Vikram A. Sarabhai(1919-1971), savant indian, fizician și astronom (considerat părintele Teledeteției și a Programelor spațiale indiene): "India trebuie să utilizeze tehnologia ori de câte ori este posibil pentru a rezolva problemele omului și ale societății și pentru a extinde economia națională". Acesta a considerat că pentru a-și asigura dezvoltarea, India trebuie să privească știința și tehnologia spațială ca un dispozitiv crucial pentru dezvoltarea sa socio-economică. Astfel că, fiecare satelit IRS construit de India este proiectat pentru întâmpina mai întâi o nevoie națională, obiectivele comerciale și alte obiective fiind pe locul doi. Tot în această lucrare Timothy J. Puckorius face o clasificare tematică a aplicațiilor teledeteției indiene, după cum urmează:

### **I. Agricultură**

- Monitorizarea și evaluarea stării culturilor,
- Starea apei din stratul fertil,
- Estimări ale randamentului culturilor,
- Evaluarea daunelor.

### **II. Silvicultură**

- Inventarierea și actualizarea stării pădurilor,
- Descurajarea abuzurilor, gen defrișări ilegale,
- Analiza habitatului,
- Daune la incendiu.

### **III. Monitorizarea mediului**

- Utilizarea terenului,
- Contaminarea solului,

- Analiza desertificării,
- Deversarea de petrol și monitorizarea dezastrelor,
- Evaluări ale impactului asupra mediului.

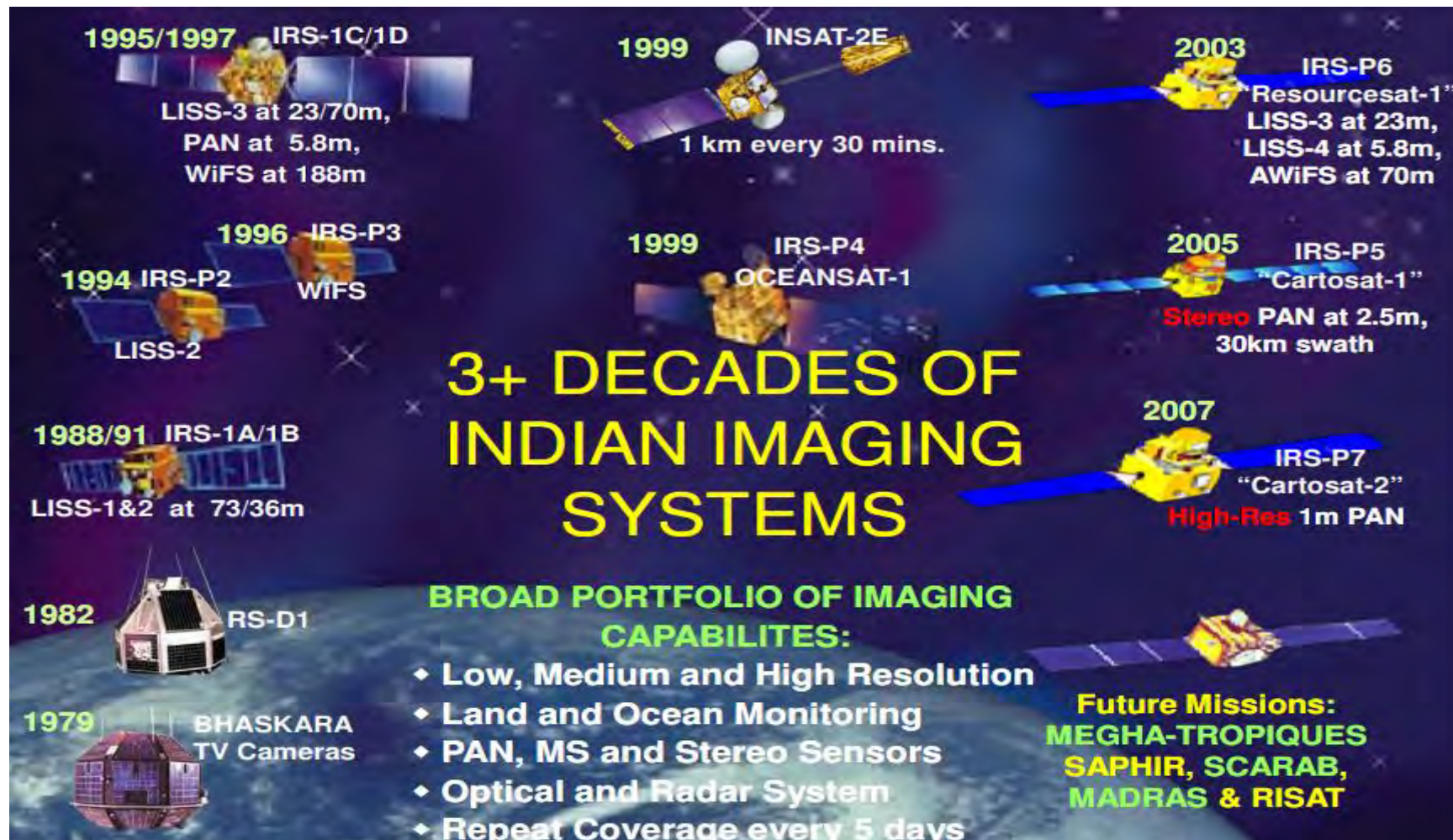


Figura 3.6. Privire de ansamblu a programelor indiene de Teledeteție[33]

#### IV. Geologie și explorare

- Mapping tip rock,
- Evaluările poluării datorate exploatărilor miniere,
- Analiza focului de cărbune,
- Vulnerabilități ale stabilității solului/monitorizarea alunecărilor de teren.

#### V. Infrastructură și utilități

- Rețele rutiere,
- Modelarea 3D a așezărilor umane,
- Inventarul structural și hidrologic al suprafețelor terestre,
- Cartografierea coridoarelor utilitare,
- Detectarea schimbărilor.



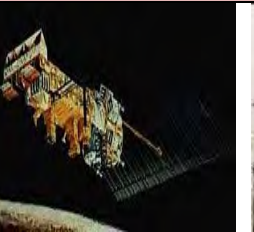




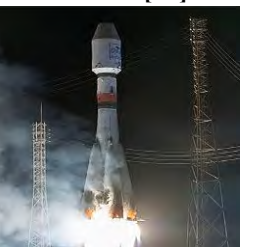
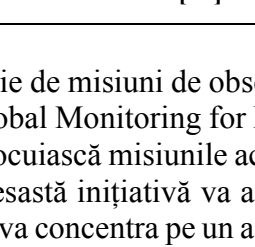
#### VI. Cartografie / cartografiere

#### VII. Securitate națională

Un alt program cunoscut de Teledeteție, anterior menționat, este Radiometrul avansat de înaltă rezoluție- The Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) care reprezintă un scanner cu bandă largă, pe patru sau cinci canale (în funcție de model), care detectează imagini în porțiunile vizibile, infraroșii și cu infraroșu termic din spectrul electromagnetic. Acest senzor este transportat de sateliți lansați de National Oceanic and Atmospheric Administration's (NOAA's)-Polar Orbiting Environmental Satellites (POES) începând cu TIROS(Television and Infrared Observation Satellite) în 1978. Ultimile programe, operaționale și în prezent au următoarele caracteristici[34]:

- Operator: NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration's),
- Data lansării: NOAA-N (NOAA-18): 20 mai 2005, NOAA-19: 6 feb 2009,
- Starea: Operațională,
- Înălțimea orbitei:  $833 \pm 19$  km sau  $870 \pm 19$  km,
- Tipul orbitei circulară sincronă,
- Repetați ciclul zilnic
- Rezoluție: 1 km,
- Lățimea benzii scanate: 2900 km,
- Senzori de bord: TPM AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer-Radiometru avansat de înaltă rezoluție).

**Tabelul 3.4. Caracteristicile temporale principale ale programelor satelitare AVHRR ale NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration's)[35-36]**

| Nr. | Denumirea satelitului | Data lansării | Data când a devenit operațional | Statutul              | Imagini ale sateliților semnificativi pentru programul de Teledetectie AVHRR         |
|-----|-----------------------|---------------|---------------------------------|-----------------------|--|
| 1.  | TIROS-N               | 13.10.1978    | 19.10.1978                      | Dezafectat 30.01.1980 |   |
| 2.  | NOAA-6                | 27.06.1979    | 27.06.1979                      | Dezafectat 16.11.1986 |  |
| 3.  | NOAA-7                | 23.06.1981    | 24.08.1981                      | Dezafectat 07.06.1986 |   |
| 4.  | NOAA-8                | 28.03.1983    | 03.05.1983                      | Dezafectat 31.10.1985 |  |
| 5.  | NOAA-9                | 12.12.1984    | 25.02.1985                      | Dezafectat 11.05.1994 |   |
| 6.  | NOAA-10               | 17.09.1986    | 17.11.1986                      | Dezafectat 17.09.1991 |  |
| 7.  | NOAA-11               | 24.09.1988    | 08.11.1988                      | Dezafectat 13.09.1994 |   |
| 8.  | NOAA-12               | 13.05.1991    | 14.05.1991                      | Dezafectat 15.12.1994 |  |
| 9.  | NOAA-14               | 30.12.1994    | 30.12.1994                      | Dezafectat 23.05.2007 |   |
| 10. | NOAA-15               | 13.05.1998    | 13.05.1998                      | Operațional           |  |
| 11. | NOAA-16               | 21.09.2000    | 21.09.2000                      | Dezafectat 09.06.2014 |   |
| 12. | NOAA-17               | 24.06.2002    | 24.06.2002                      | Dezafectat 10.04.2013 |  |
| 13. | NOAA-18               | 20.05.2005    | 30.08.2005                      | Operațional           |   |
| 14. | NOAA-19               | 06.02.2009    | 02.06.2009                      | Operațional           |  |
| 15. | Metop-A               | 19.10.2006    | 20.06.2007                      | Operațional           |   |
| 16. | Metop-B               | 17.09.2012    | 24.04.2013                      | Operațional           |  |
| 17. | Metop-C               | 07.11.2018    | 03.07.2019                      | Operațional           |  |

ESA(European Space Agency) a dezvoltat, în anul 2014, o serie de misiuni de observare a Pământului de generație viitoare, prin inițiativa comună a ESA și a Comisiei Europene, program denumit generic GMES(Global Monitoring for Environment and Security-Monitorizare globală pentru mediu și securitate) sau mai cunoscut SENTINEL. Scopul acestuia este să înlocuiască misiunile actuale de observare a Pământului care au ajuns la sfârșitul duratei lor de viață operațională, cum ar fi de exemplu misiunea ERS. Acesastă inițiativă va asigura o continuitate a datelor, astfel încât să nu existe lipsă de informații pentru studiile științifice aflate în curs. Fiecare misiune se va concentra pe un aspect diferit al observării Pământului; Monitorizarea atmosferică, oceanică și terestră, iar datele vor fi utile în multe aplicații[46]. Programul SENTINEL are până în prezent 6 sateliți lansați, fiecare având o altă misiune specifică, astfel[46]:

1. Obiectivele monitorizării satelitului SENTINEL -1 sunt analiza suprafețelor terestre și oceanice, SENTINEL-1 va fi compus din doi sateliți cu orbită polară care operează zi și noapte și va efectua imagini radar, permițându-le să achiziționeze imagini indiferent de vreme. Primul satelit SENTINEL-1 a fost lansat în aprilie 2014.
2. Obiectivul SENTINEL-2 este monitorizarea suprafețelor de teren, iar misiunea va fi compusă din doi sateliți cu orbită polară care oferă imagini optice de înaltă rezoluție. Vegetația, solul și zonele de coastă sunt printre obiectivele de monitorizare. Primul satelit SENTINEL-2 a fost lansat în iunie 2015

3. Obiectivul principal al SENTINEL-3 este observarea marină și va studia topografia suprafeței mării, temperatura suprafeței mării și a terenului costier, culoarea oceanului și a terenului costier. Compus din trei sateliți, instrumentul principal al misiunii este un altimetru radar, dar sateliții cu orbita polară vor transporta mai multe instrumente, inclusive pentru preluarea imaginilor optice.
4. SENTINEL-4 este dedicat monitorizării calității aerului. Instrumentul SENTINEL-4 UVN este un spectrometru transportat la bordul sateliților Meteosat de generația a treia, operate de EUMETSAT. Misiunea își propune să asigure monitorizarea continuă a compoziției atmosferei Pământului la rezoluție spațială și temporală înaltă, iar datele vor fi utilizate pentru a sprijini monitorizarea și prognoza asupra Europei.
5. SENTINEL-5 este dedicat monitorizării calității aerului. Instrumentul SENTINEL-5 UVNS este un spectrometru transportat la bordul sateliților MetOp Second Generation. Misiunea își propune să asigure monitorizarea continuă a compoziției atmosferei Pământului. Oferă date de acoperire globală, pentru a monitoriza calitatea aerului din întreaga lume
6. SENTINEL-5P este o misiune prin satelit precursor, care urmărește să completeze golul de date și să ofere continuitate de date între retragerea satelitului Envisat, misiunea Aura a NASA și lansarea SENTINEL-5. Principalul obiectiv al misiunii Sentinel-5P este să efectueze măsurători atmosferice, cu rezoluție spațio-temporală ridicată, referitoare la calitatea aerului, schimbările climatice, ozonul și radiațiile UV. Satelitul a fost lansat la data de 13 octombrie 2017 de pe cosmodromul Plesetsk din Rusia.

Detalii despre misiunea SENTINEL pot fi vizionate pe situl ESA: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel>. Figura 3.7. prezintă imagini cu sateliții SENTINEL.



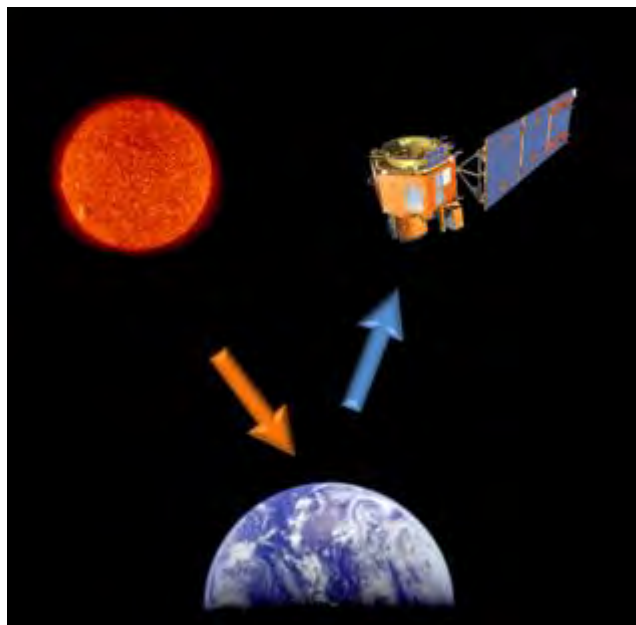
**Figura 3.7. Imagini ale sateliților SENTINEL[46]**

## 3.2. Sisteme satelitare pasive

### 3.2.1. Prezentare generală

Un senzor pasiv este un instrument cu microunde conceput pentru a primi și pentru a măsura emisiile naturale produse de elementele constitutive ale suprafeței Pământului și a atmosferei sale. Puterea măsurată de senzori pasivi este o funcție a compoziției suprafeței, a temperaturii fizice, a rugozității suprafeței și a altor caracteristici fizice ale Pământului. Benzile de frecvență pentru măsurători ale senzorilor pasivi sunt determinate de proprietățile

fizice fixe (rezonanță moleculară) ale substanței măsurate . Aceste frecvențe nu se schimbă și informațiile nu pot fi duplicate în alte benzi de frecvență. Senzorii pasivi sunt modelate după instrumente de radio-astronomie, care detectează emisiile cu putere foarte mică. Sunt deosebit de sensibili la radiațiile acumulate de la o multitudine de emițători de pe sol, atât din interiorul benzii de frecvență în care se fac măsurători, cât și din afara bandei. Senzorii pasivi transportați în spațiu oferă capacitatea de a obține observații globale ale Pământului și ale atmosferei în regim continuu, ziua și noaptea. Acești senzori transportați în spațiu funcționează în benzi de frecvență alocate Earth Exploration-Satellite Service(Serviciului de Explorare Satelitară a Pământului) sau Space Research Service(Serviciului de Cercetare Spațială). Soarele constituie o sursă de energie foarte convenabilă pentru teledetecție. Energia soarelui este fie reflectată, pentru pentru lungimi de undă vizibile, sau absorbită și apoi reemisă, pentru lungimi de undă cu infraroșu termic. Senzorii pasivi sunt deci sistemele de teledetecție care măsoară energia disponibilă în mod natural. Senzorii pasivi pot fi folosiți numai pentru a detecta energia atunci când este disponibilă ca energia naturală. Pentru toată energia reflectată, aceasta poate avea loc numai în perioada în care soarele luminează Pământul. Nu există energie reflectată disponibilă pe timpul nopții. Energia care este emisă natural (cum ar fi infraroșu termic) poate fi detectată zi sau noapte, atât timp cât cantitatea de energie este suficient de mare pentru a fi înregistrată.[48].



**Figura 3.8. Principiul general de funcționare a sateliților dotați cu senzori pasivi[47]**

Senzorii pasivi includ diferite tipuri de radiometre și spectrometre. Majoritatea sistemelor pasive utilizate în aplicațiile de teledetecție funcționează în porțiunile vizibile, în infraroșu, cu infraroșu termic și cu microunde din spectrul electromagnetic. Senzorii de la distanță pasivi includ următoarele[49]:

- **Accelerometrul** este un instrument care măsoară accelerația (schimbarea vitezei pe unitatea de timp). Există două tipuri generale de accelerometre. Unul măsoară accelerațiile translaționale (modificări ale mișcărilor liniare într-una sau mai multe dimensiuni), iar celălalt măsoară accelerații unghiulare (modificări ale vitezei de rotație pe unitatea de timp).
  - **Radiometrul hiperspectral** este senzor multispectral avansat, care detectează sute de benzi spectrale foarte înguste de-a lungul porțiunilor vizibile, aproape de infraroșu și de infraroșu mediu ale spectrului electromagnetic. Rezoluția spectrală foarte înaltă a acestui senzor facilitează o selectare și o diferențiere fină între diferite ținte, pe baza răspunsului spectral al acestora în fiecare dintre benzile înguste.
  - **Radiometrul pentru imagini** este un radiometru care are o capacitate de scanare pentru a furniza un tablou bidimensional de pixeli din care poate fi produsă o imagine. Scanarea poate fi efectuată mecanic sau electronic folosind o serie de detectoare.
  - **Radiometrul** este un instrument care măsoară cantitativ intensitatea radiațiilor electromagnetice în unele benzi din spectru. De obicei, un radiometru este identificat suplimentar prin porțiunea de spectru pe care o acoperă; de exemplu, vizibil, infraroșu sau cuptor cu microunde.
  - **Sounderul** este un instrument care măsoară distribuțiile verticale ale parametrilor atmosferici, cum ar fi temperatura, presiunea și compoziția din informații multispectrale.
  - **Spectrometrul** este un dispozitiv care este proiectat pentru a detecta, măsura și analiza conținutul spectral al radiațiilor electromagnetice incidente. Spectrometrele de imagistică convenționale utilizează grătare sau prisme pentru a dispersa radiațiile pentru discriminare spectrală.
  - **Spectroradiometrul** este un radiometru care măsoară intensitatea radiațiilor în benzi cu lungimi de undă multiple (adică multispectrale). De multe ori benzile au o rezoluție spectrală ridicată fiind proiectate pentru detectarea de la distanță a parametrilor geofizici specifici.
- În tabelul 3.5. sunt prezentate caracteristicile principale ale programelor satelitare istorice, în Tabelul 3.6. sunt prezentate caracteristicile principale ale programelor satelitare curente care au utilizat senzori pasivi iar în Tabelul 3.7. misiunile prevăzute a fi lansate în viitor.[49]. Pentru coloanele Platformă, Tipulul de sensor, Instrumentul și Sistemul de operare s-au păstrat denumirile originale consacrate, în limba engleză.

### 3.2.2. Accelerometrul utilizat ca sensor pasiv[50-57]

Conceptual, un accelerometru se comportă ca o masă amortizată pe un arc. Atunci când accelerometrul experimentează o accelerație, masa este deplasată în punctul în care arcul este capabil să accelereze masa în același ritm cu carcasa. Apoi, deplasarea este măsurată pentru a da accelerația. În dispozitivele comerciale, componentele piezoelectrice, piezorezistive și capacitive sunt utilizate în mod obișnuit pentru a converti mișcarea mecanică într-un semnal electric. Accelerometrele piezoelectrice se bazează pe piezoceramice sau pe cristale simple. Accelerometrele capacitive folosesc în mod obișnuit un element senzor micro-prelucrat în siliciu. Performanța lor este superioară în domeniul frecvențelor joase și pot fi operate în modul servo pentru a obține stabilitate și liniaritate ridicată. Accelerometrele moderne sunt adesea mici sisteme micro-electromecanice (Micro Electro-Mechanical Systems-MEMS). Un alt tip relativ nou de accelerometru bazat pe MEMS este un accelerometru termic care conține un încălzitor mic în partea de jos a unei cupole foarte mici, care încălzește aerul / fluidul din interiorul cupolei, producând o bulă termică care acționează ca o masa de probă. Accelerometrele bazate pe MEMS, cum ar fi versiunile 1C (DSU1), prezentat în Figura 3.9.c. sau 3C (DSU3) sunt capabile de a sesiza diverse medii (de exemplu, zonele

de tranziție, între diferite medii sau pot să analizeze fundul mărilor și a oceanelor), ilustrate în figura 1. Ele au capacitatea de a oferi informații la costuri reduse și în mod ecologic de pe suprafețe terestre sau oceanice mari.



a.

b.

c.

d.

e.

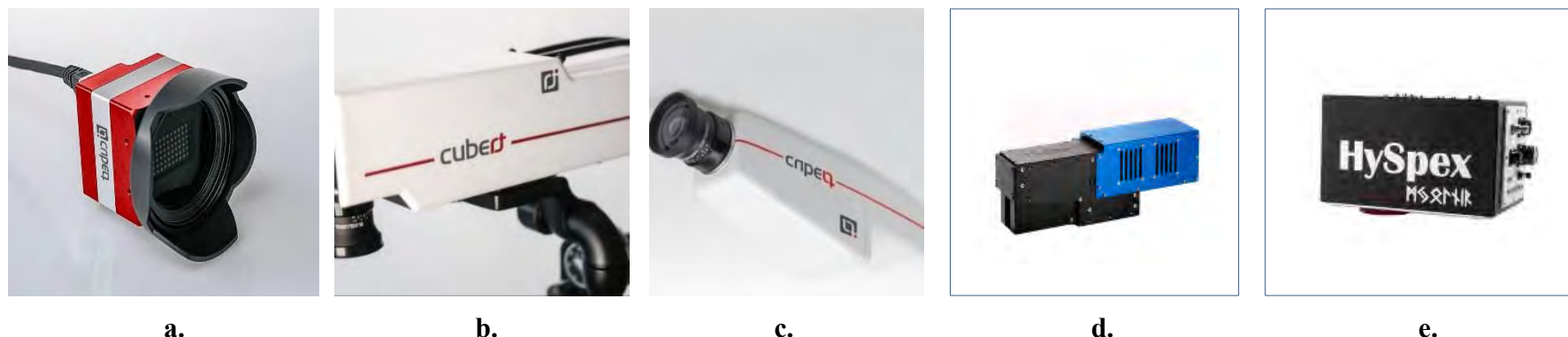
**Figura 3.9. Exemple de accelerometre: a. Accelerometru MMA8452Q[53], b. Modul Accelerometru cu 3 axe ADXL345[54], c. Accelerometru Digital Sensor Unit (DSU1) pentru a identifica și a prezice hidrocarburile folosind tehnica seismică pasivă[55], d. Accelerometru cu trei axe (3 componente) utilizat în aplicarea seismică [56], e. Accelerometru utilizat în monitorizarea fluxului de deșeuri in situ printr-o rețea de accelerometre fără fir [57]**

### 3.2.3. Radiometrul hiperspectral utilizat ca sensor pasiv[58-63]

„Teledetecția hiperspectrală este instrumentul optic consacrat pentru creșterea cunoștințelor și înțelegerii suprafeței Pământului. Spectrometria de înaltă rezoluție oferă o nouă dimensiune a capacității de cartografiere din cauza potențialului de măsurare cantitativă a biogeochemiei de suprafață.”.[58].

Teledetecția multispectrală implică achiziția de imagini infraroșii vizibile, aproape de infraroșu și de undă scurtă în mai multe benzi largi de undă. Materiale diferite reflectă și absorb diferit la diferite lungimi de undă. Ca atare, este posibil să se diferențieze materialele prin semnăturile lor de reflectare spectrală, așa cum se observă în aceste imagini de teledetecție, în timp ce identificarea directă nu este de obicei posibilă. Landsat al NASA, una dintre cele mai frecvente imagini multispectrale, este utilizată pe scară largă pentru monitorizarea unei game largi de proprietăți pe scară de peisaj. Sistemele de imagini hiperspectrale achiziționează imagini în peste o sută de benzi spectrale învecinate. În timp ce imaginile multispectrale sunt utile pentru a separa caracteristicile suprafeței terestre și modelele de peisaj, imaginile hiperspectrale permit identificarea și caracterizarea materialelor. Domeniile de aplicații științifice bine dezvoltate includ geologia și explorarea mineralelor; forestiere; marine, zone de coastă, ape interioare și zone umede; agricultură; ecologie; urban; zăpadă și gheață; și atmosferă. Există, de asemenea, numeroase aplicații militare, cartografierea zonei litorale și detectarea minelor. Sensorii hiperspectrali prezintă un avantaj față de senzorii multispectrali prin capacitatea lor de a identifica și cuantifica absorbția moleculară. Rezoluția spectrală ridicată a unei imagini hiperspectrale permite detectarea, identificarea și cuantificarea materialelor de suprafață, precum și deducerea proceselor biologice și chimice.[59].



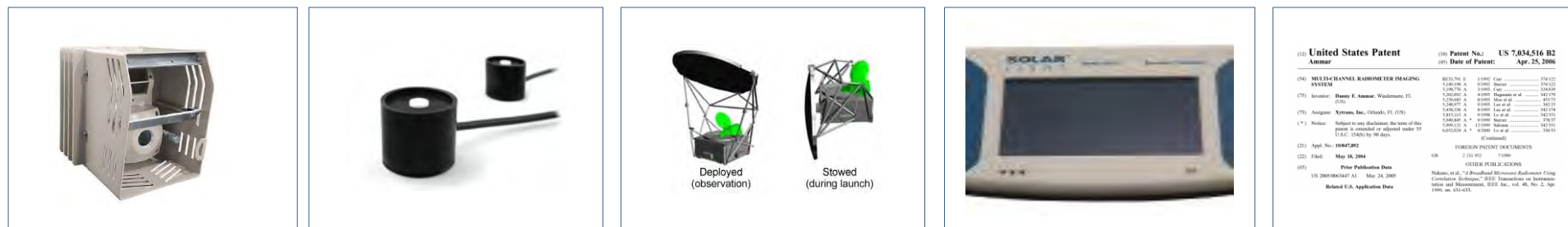


**Figura 3.10. Exemple de senzori multispectrali: a. Hyperspectral Light Field Camera ULTRIS 20[60], b. Hyperspectral UV-NIR Camera FirefLYE 496 blue [61], c. Hyperspectral VNIR Camera FirefLYE 185[61], d. Aparatul hiperspectral HySpex VNIR-1800 este dezvoltat pentru aplicații de teren, laborator și aeriene[62], e. Sistemul de imagini hiperspectrale HySpex Mjolnir S-620 pentru UAV-uri este versiunea SWIR a seriei de camere Mjolnir. Similar versiunii VNIR, oferă o combinație unică de factor de formă mică și masă scăzută, combinată cu specificații de înaltă performanță și calitatea științifică a datelor [63]**

### 3.2.3. Radiometrul pentru imagini utilizat ca sensor pasiv[64-69]

Cea mai cunoscută aplicație a acestui tip de senzor este Visible Infrared Imaging Radiometer Suite(VIIRS) care a schimbat modul în care se poate studia Pământul prin tehnologii ale Teledeteției. Datele sale sunt esențiale pentru aplicații diverse precum agricultura, finanțele, transporturile, asigurările și energia. VIIRS-ul produs de Raytheon[64] este un instrument cheie în Sistemul Satelit Polar Comun(Joint Polar Satellite System) noua generație a sistemului de sateliți operaționali de mediu care orbitează polar. Sateliții polari JPSS înconjoară Pământul de la pol la pol, oferind acoperire globală completă de două ori pe zi. Din cauza orbitei „în jurul Pământului” și a capacității lor de a acoperi întregul glob la fiecare 12 ore, sateliții polari oferă meteorologilor informații detaliate despre evenimentele meteo severe pe care nici o altă instrumentație nu le poate face. Există două instrumente VIIRS pe orbită astăzi Suomi National Polar Orbiting Partnership și NOAA-20 (fostJPSS-1) iar al treilea instrument prevăzut JPSS-2 este gata de lansare. Datele VIIRS acoperă o gamă largă și diversă de aplicații, unele dintre ele fiind încă nedescoperite. Pe lângă furnizarea de informații extrem de detaliate despre modelele de furtuni globale emergente, VIIRS generează date despre suprafața mărilor și a oceanelor, terestră și atmosferică de înaltă fidelitate pentru o varietate de alte produse aplicative, inclusiv monitorizarea incendiilor, secetei, inundații, sănătății vegetației, înfloririlor algelor și a fenomenelor nocturne. Radiometrul este un radiometru LWIR cu bandă duală. Imaging Radiometer - RadIR măsoară radiația absolută a fiecărei imagini în două benzi separate de lungime de undă, simultan. Prelucrarea acestor date poate fi folosită pentru măsurători de temperatură și emisivitate adevărate, precum și pentru alte aplicații. Calibrarea sa compensează automat temperatura și umiditatea mediului, pe lângă corecția transmisiei atmosferice. Radiometrul avansat de scanare cu microunde (Advanced Microwave Scanning Radiometer 2-AMSR2) de la satelitul GCOM-W1 este un instrument de teledeteție pentru măsurarea emisiilor slabe de microunde de la suprafață și atmosferă a Pământului. De la aproximativ 700 km deasupra Pământului, AMSR2 oferă

măsurători extrem de precise ale intensității emisiilor și împrăștierii cu microunde. Antena AMSR2 se rotește o dată la 1,5 secunde. Acest mecanism de scanare conic permite AMSR2 să achiziționeze un set de date în timpul zilei și nopții, cu o acoperire de peste 99% a Pământului la fiecare 2 zile. AMSR2 este succesorul AMSR pe satelitul japonez ADEOS-II și AMSR-E pe Aqua, un satelit NASA.



a.

b.

c.

d.

e.

Figura 3.11. Exemple de Radiometre pentru imagini utilizați ca sensori pasivi: a. Imaging Radiometer – RadIR produse de CI Systems[65], b. Radiometrele RM-12 și RM-22 produse de Opsytec Dr. Gröbel[66], c. Advanced Microwave Scanning Radiometer 2-AMSR2 operat de Office of Satellite and Product Operations (OSPO)[67], d. DCS-2 Automatic Dose Controller produs de Solar Light[68], e. Multi-channel radiometer imaging system United States Patent 7034516[69]

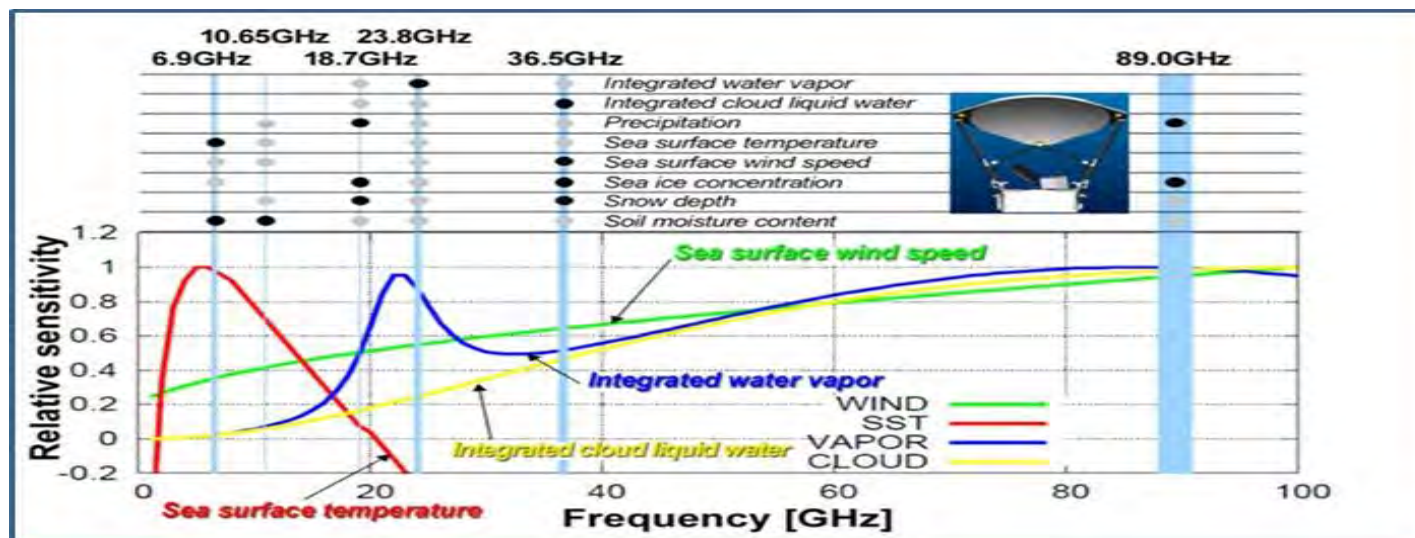


Figura 3.12. Specificații și produse ale canalului Advanced Microwave Scanning Radiometer 2-AMSR2[67]

### 3.2.4. Radiometrul utilizat ca sensor pasiv[70-71]

Radiometrele sunt utilizate pentru a măsura cantitatea de energie electromagnetică prezentă într-un interval specific de lungime de undă. Măsurarea este exprimată în Watt (W) care este o unitate de măsură pentru putere. Radiometrele sunt de obicei utilizate pentru detectarea și măsurarea cantității de energie în afara spectrului luminii vizibile și sunt utilizate pentru măsurarea luminii ultraviolete (UV) sau infraroșii (IR). O utilizare obișnuită pentru un contor UV este în lumea iluminatului muzeal, unde prezența UV poate fi foarte supărătoare. Energia UV grăbește procesul de îmbătrânire datorită conținutului său mai mare de energie, astfel încât orice energie sub 400 nm trebuie să fie filtrată sau eliminată. O altă aplicație pentru un radiometru este detectarea și măsurarea infraroșului sau IR. Este utilizat pentru detectarea și măsurarea căldurii pe o suprafață. Tehnicienii le folosesc pentru a detecta și repara în siguranță motoarele de supraîncălzire sau scurtcircuitul de cablare. Radiometrele pot măsura foarte repede, deoarece sunt contoare simple care folosesc un singur senzor cu un filtru conceput pentru a măsura doar gama de lungimi de undă pentru care au fost destinate. Toate obiectele cu o temperatură peste zero absolut emit radiații electromagnetice. Lungimile de undă și intensitatea radiațiilor emise sunt legate de temperatura obiectului. Radiometrele cu infraroșu sunt senzori care măsoară radiațiile infraroșii, care sunt folosiți pentru a determina temperatura suprafeței fără a atinge suprafața (atunci când utilizați senzori care trebuie să fie în contact cu suprafața, poate fi dificil să mențineți echilibrul termic fără a modifica temperatura suprafeței). Radiometrele infraroșii sunt adesea numite termometre infraroșii, deoarece temperatura este cantitatea dorită, chiar dacă senzorii detectează radiații. Aplicațiile tipice ale radiometrelor cu infraroșu includ: măsurarea temperaturii pentru estimarea stării apei din plante, măsurarea temperaturii suprafeței drumului pentru determinarea condițiilor de apariție a gheții, măsurarea temperaturii suprafeței terestre (sol, vegetație, apă) în studiile echilibrului energetic



a.

b.

c.

d.

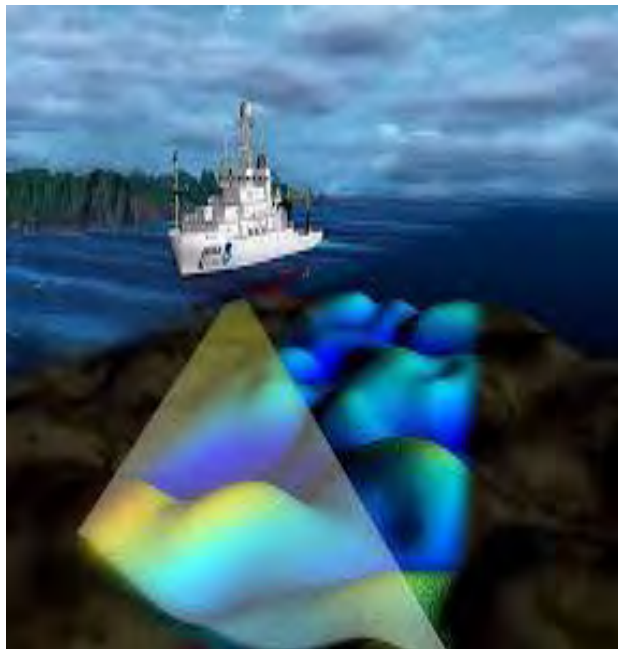
**Figura 3.13. Exemple de Radiometre utilizate ca senzori pasivi: a. Infrared Radiometers produs de Apogee Instruments, Inc.[70], b. Unpolarized Radiometers Humidity And Temperature PROFilers produs de RPG Radiometer Physics GmbH[71], c. Dual Polarisation Radiometers- Dual Polarisation Rain Radiometer (DP-RR) for thick cloud and rain LWP[71], d. Dual Polarisation Surface Radiometers[71]**

### 3.2.5. Sounderul utilizat ca sensor pasiv[72-76]

Sondarea sau profilarea atmosferică este o măsurare a distribuției verticale a proprietăților fizice ale coloanei atmosferice, cum ar fi presiunea, temperatura, viteza vântului și direcția vântului, conținutul de apă lichidă, concentrația de ozon, poluarea și alte proprietăți[72,73]. Geostationary Interferometric Microwave Sounder (GIMS) este un nou concept funcționând cu microunde pentru studierea atmosferei terestre pentru viitorul satelit meteorologic GEO lansat de China (FY-4). Un sistem GIMS care funcționează în benzi de 50 ~ 56 GHz este dezvoltat în acest sens.[74]. Platformele satelite meteo cu orbita polară includ, în general, senzori de imagine și de sunet(Sounders). În timp ce un senzor, cum ar fi MODIShas, are mai multe benzi de absorbție a IR, suita de radiometre cu imagini infraroșii vizibile curente(VIIRS) are doar benzi IR.



a.



b.



c.

**Figura 3.14. Exemple de Sonde utilizate ca senzori pasivi: a. Geostationary Interferometric Microwave Sounder (GIMS) produs de China pentru viitorul Satelit meteorologic geostationar GEO(FY-4)[74], b. Utilizarea sounderelor în navigația marină[75], c. Sounderul Ground Penetrating Radar pentru analiza calității drumurilor și crearea modelelor 2d sau 3D GPR privind starea drumurilor[76]**

### 3.2.6. Spectrometrul utilizat ca sensor pasiv[77-81]

În științele care studiază atmosfera terestră și mediul, spectrometrele optice sunt utilizate pentru măsurarea gazelor cu efect de seră și compoziția izotopică a vaporilor de apă sau a gazelor cu efect de seră. Concentrațiile atmosferice de  $N_2O$ ,  $CO_2$  și  $CH_4$  cresc în prezent constant, iar în cazul  $N_2O$ , creșterea emisiilor este legată în principal de utilizarea crescută a îngrășămintelor în solurile agricole. Analiza izotopului stabil al acestor urme de gaze este un instrument valoros pentru a înțelege mai bine căile de producție și consum în soluri și această înțelegere a procesului va ajuta în final la reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră din producția de culturi. Și aceste studii sunt efectuate cu spectrometre optice. O altă aplicație este analiza efectelor încălzirii globale asupra topirii gheții marine și impactul asupra ciclului apei arctice. Izotopul de apă-excesul de deuteriu un proxy de sursă de umiditate, analizat cu spectrometrele optice poate servi drept probe a căror analiză poate ajuta la înțelegerea modificărilor hidrologice datorate topirii gheții marine. [77]. Cavity Ring-Down Spectroscopy (CRDS), produse de Picarro, pot fi utilizate în diverse activități de monitorizarea mediului, putând fi montate pe sisteme UAV, care pot survola zonele afectate. Aproape fiecare mică moleculă în faza de gaz (de exemplu,  $CO_2$ ,  $H_2O$ ,  $H_2S$ ,  $NH_3$ ) are un spectru unic de absorbție aproape în infraroșu. La presiunea sub atmosferică, aceasta constă dintr-o serie de linii înguste, bine definite, fiecare cu o lungime de undă caracteristică. Deoarece aceste linii sunt bine distanțate și lungimea lor de undă este binecunoscută, concentrația oricărui poluant poate fi determinată prin măsurarea puterii specific a acestei absorbții. CRDS permite monitorizarea gazelor în câteva secunde, deoarece folosește un fascicol dintr-o diodă laser cu o singură frecvență care intră într-o cavitate definită de două sau mai multe oglinzi cu reflectivitate înaltă (Figura 3.15.a.[78]). În Figura 3.15.b. se prezintă schematic modul în care analizorul CRDS Picarro atinge sensibilitate și stabilitate ridicate. Lungimea de undă, temperatura și presiunea sunt controlate cu precizie, iar măsurarea efectuată determină cu exactitate concentrația diferitelor gaze, posibil poluante. Spectrul eșantionului arată cum pot fi selectate vârfurile individuale de absorbție, astfel încât acestea să nu se suprapună cu vârfurile altor gaze interferențe. În figura 3.16. sunt prezentate și alte modele de spectrometre utilizate în studierea proprietăților atmosferei terestre sau a mediului în general. Astfel, spectrometrele modulare Flame-S și Flame-T (Figura 3.16.a.[79]) sunt instrumente analitice utilizate în științe ale vieții, monitorizarea mediului sau analiza schimbărilor climatice. Acestea sunt dotate cu detectoare Sony ILX511B respective Toshiba TCD1304AP, au dimensiuni de  $88.9 \times 63.5 \times 34.4$  mm, fiind capabile de o rezoluție de 0.1 – 10.0 nm. În Figura 3.16.b.[79] se prezintă spectrometrul STS utilizat frecvent în monitorizarea culturilor, acesta este dotat cu un detector ELIS1024, are dimensiuni de  $40.0 \times 42.0 \times 24.0$  mm fiind capabil de o rezoluție de 1.0 – 12.0 nm. Spectrometrele miniaturale StellarNet sunt instrumente portabile și compacte cu fibră optică pentru măsurători UV, VIS și NIR în intervalul 190-2300 nm. Seria de spectrometre în miniatură StellarNet sunt dotate cu detectoare CCD 2048 și PDA 512/1024 și au mai multe modele care oferă optică standard sau de înaltă rezoluție (HR) pentru intervale spectrale selectate. Astfel modelul StellarNet BLUE-Wave miniature spectrometers (Figura 3.16.c.[80]) efectuează măsurători în lungimile de undă de 200-1150 nm oferind 15 modele standard cu opțiuni pentru intervale de lungime de undă personalizate putând fi utilizate pentru aplicații de proces, laborator și teren. Aceste instrumente sunt produse de Stellar Net Inc. din Tampa, Florida, SUA. Un alt produs din aceeași gamă este Super Range TEC Spectrometer (Figura 3.16.d.[81]) care efectuează măsurători în intervalul 190-1100 nm la o rezoluție de 1nm cu fanta de 25μm fiind considerat cel mai sensibil spectrometru produs până în prezent. Instrumentul are și cea mai mare sensibilitate pentru aplicații cu lumină scăzută. SILVER-Nova, produs tot de Stellar Net Inc. este un spectrometru, care permite rezultate de cercetare pentru numeroase aplicații spectroscopice în intervalul de lungime de undă 190-1110nm. (Figura 3.16.e.[81]).

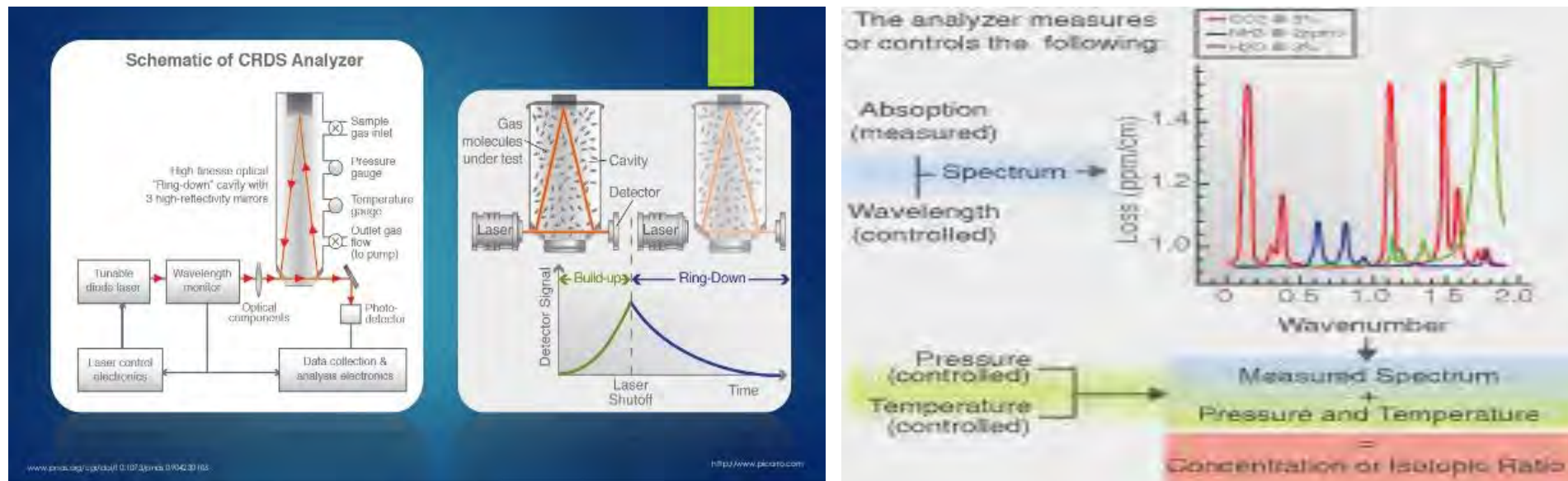


Figura 3.15. a. Scema de principiu a sistemului Cavity Ring-Down Spectroscopy (CRDS)[78], b. Modul în care analizorul CRDS Picarro atinge sensibilitatea și stabilitatea necesară detrmnărilor de precizie a concentrațiilor diferitelor gaze



a.



b.



c.



d.



e.

Figura 3.16. Diferite modele de spectrometre

### 3.2.7. Spectroradiometrul utilizat ca sensor pasiv[82-89]

Un spectroradiometru este un instrument de măsurare a luminii care este capabil să măsoare atât lungimea de undă cât și amplitudinea luminii emise de la o sursă de lumină. Spectrometrele stbiblește lungimea de undă în funcție de poziția pe care lumina intră în tabloul detector, permițând obținerea întregului spectru cu o singură achiziție. Cele mai multe spectrometre au o măsurătoare de bază, care este citirea ne-calibrată fiind astfel afectată de sensibilitatea detectorului la fiecare lungime de undă. Prin aplicarea unei calibrări, spectrometrul este apoi capabil să asigure măsurători de iradiere spectrală, radianță spectrală și / sau flux spectral. Aceste date sunt, de asemenea, utilizate cu software încorporat sau pentru PC și numeroși algoritmi pentru a furniza lecturi sau Iradianță ( $L / \text{cm}^2$ ), Iluminare (lux sau fc), Radianță ( $W / \text{sr}$ ), Luminanță (cd), Flux (lumeni sau Watts), Cromaticitate, temperatura culorii, vârful și lungimea de undă dominantă. Spectrometrele sunt disponibile în numeroase pachete și dimensiuni care acoperă multe intervale de lungime de undă. Intervalul efectiv de lungime de undă (spectral) al unui spectrometru este determinat nu numai de capacitatea de dispersie a grătarului, dar depinde și de intervalul de sensibilitate al detectoarelor. Limitat de distanța de bandă a semiconductorului, detectorul pe bază de siliciu răspunde la 200-1100 nm în timp ce detectorul bazat pe InGaAs este sensibil la 900-1700 nm (sau la 2500 nm cu răcire). [82-86].

Imaginile hiperspectrale și multispectrale aeriene și satelitare sunt tehnologii utilizate într-o gamă largă de aplicații de teledetecție. Aceste instrumente permit cercetătorilor să detecteze și să identifice materialele de suprafață. Corelarea și confirmarea datelor obținute din imagini hiperspectrale și multispectrale necesită și activitate de teren. Analiza suprafețelor la sol folosind un spectroradiometru portabil îmbunătățește precizia și adaugă detalii la datele de bază furnizate de imagini hiperspectrale sau multispectrale. Astel, principalele aplicații ale acestor combinații de date preluate la sol, din aer și din satelit sunt[87]: Teledetecție geologică, Studii de vegetație, Cercetarea forestieră, Studii hidrotehnice-hidrografice, Studii de mediu, Observarea și măsurarea schimbărilor climatice, Cercetări privind evoluția gheții și a zăpezii, Studii de culturi și de sol. Spectroradiometrele PSR + 3500 și RS-5400(Figura 3.17.a.,b.) și pachetul de teledetecție de teren RS-3500 sunt potrivite pentru corelarea datelor din satelit cu cele preluate la sol.



a.



b.



c.



d.

Figura 3.17. Diferite modele de spectroradiometer, a. Spectroradiometrele PSR + 3500[87] și b. RS-5400[88], c. și d. RS-3500 Remote Sensing Portable Spectroradiometer Bundle[89]

**Tabelul 3.5. Caracteristicile principale ale programelor satelitare care folosesc sisteme senzoriale pasive. Misiuni istorice[49]**

| Platforma  | Instrumentul  | Sistemul de operare                                      | Comentarii   |
|--|---|--|--|
| Active Cavity Radiometer Irradiance Monitor Satellite (ACRIMSAT) | Active Cavity Radiometer Irradiance Monitor (ACRIM III)           | Total Power Radiometer                                   | Scopul instrumentului ACRIM III este studierea iradierii solare totale. Pachetul ACRIM III este găzduit de o navă spațială numită ACRIMSAT. Datele ACRIMSAT vor fi corelate cu datele posibile de încălzire globală, datele de contracție a capacului de gheață și datele de epuizare a stratului de ozon. |
| Advanced Land Observing Satellite (ALOS)                         | Panchromatic Remote Sensing Instrument for Stereo Mapping (PRISM) | Spectrometer   | Radiometru pancromatic cu rezoluție spațială de 2,5 m, care oferă un model digital de suprafață (Digital Surface Model-DSM) extrem de precis   |
| Advanced Land Observing Satellite (ALOS)                         | Advanced Visible and Near Infrared Radiometer type 2 (AVNIR-2)    | Radiometer   | AVNIR-2 este un succesor al AVNIR care se afla la bordul satelitului Advanced Earth Observing (ADEOS), lansat în august 1996.  |
| Advanced Earth Observing Satellite (ADEOS)                       | Total Ozone Mapping Spectrometer (TOMS)                           | Spectrometer   | Prima platformă spațială internațională dedicată cercetărilor de mediu ale Pământului, fiind axată pe analiza încălzirii globale, epuizării stratului de ozon și a defrișărilor. Lansat în august 1996 a încetat să mai funcționeze în iunie 1997.   |
| Advanced Earth Observing Satellite (ADEOS II)                    | Advanced Microwave Scanning Radiometer                            | Scanning Radiometer                                      | Misiunea ADEOS-II a fost operațională doar 10 luni, când o defecțiune a oprit toate operațiunile ulterioare la data de 24 octombrie 2003. A fost o pierdere mare în observațiile de teledetecție efectuate asupra Pământului pentru întreaga comunitate din domeniu.                                       |
| DISCOVER-AQ  | Aircraft Instruments, Ground Instruments, Ozonosonde              | DISCOVER-AQ  | Măsoară calitatea aerului pentru a distinge între poluarea din atmosferă și cea din apropierea suprafeței terestre. A constituit o parte a programului Earth Ventures 1 (EV-1). Ultimile date au fost transmise la data de 10 august 2014, după o campanie care a durat 4 ani.                             |
| Earth Radiation Budget Satellite (ERBS)                          | Stratospheric Aerosol Gas Experiment II (SAGE II)                 | Spectromete  | Oferă date despre chimia și mișcările dinamice ale troposferei superioare și a stratosferei (10-40 kilometri).   |
| Geostationary Meteorological Satellite (GMS)                     | Visible and Infrared Spin Scan Radiometer (VISSR)                 | Radiometer   | Datele satelitului GMS reprezintă o legătură importantă și o parte integrantă în programul WWW (World Weather Watch), sponsorizat de Organizația Meteorologică Mondială (World Meteorological Organization-WMO).   |
| Geostationary Operational Environmental Satellite (GOES 1-12)    | Advanced Very-High Resolution Radiometer (AVHRR)                  | Radiometer   | Programul geostationar operațional de satelit pentru mediu (Geostationary Operational Environmental Satellite Program-GOES) este un efort comun al NASA și al Administrației Naționale Oceanice și Atmosferice (National Oceanic and Atmospheric Administration NOAA).                                     |
| Hurricane and Severe Storm Sentinel (HS3)                        | Airborne Detector for Energetic Lightning Emissions (ADELE)       | Sounde   | Parte a programului Earth Ventures 1 (EV-1).   |
| Joint Altimetry Satellite Oceanography Network (Jason-1)         | Jason Microwave Radiometer  | Joint Altimetry Satellite Oceanography Network (Jason-1) | JMR achiziționează măsurători prin intermediul a trei canale de frecvență separate pentru studierea vaporilor de apă atmosferici.  |
| Meteor-3   | Total Ozone Mapping Spectrometer (TOMS)                           | Spectromete  | Instrumentul TOMS a cartografiat în detaliu distribuția globală a ozonului, precum și „gaura din stratul de ozon” din Antarctica, care se formează din septembrie până în noiembrie a fiecărui an. În plus TOMS a măsurat dioxidul de sulf (SO <sub>2</sub> ) eliberat în erupțiile vulcanice.             |



**Tabelul 3.6. Caracteristicile principale ale programelor satelitare care folosesc sisteme senzoriale pasive. Misiuni curente[49]**

| Platforma  | Tipul de senzor                      | Instrumentul  | Sistemul de operare           | Comentarii   |
|--|--------------------------------------|---|-------------------------------|--|
| Altimetry Follow On/JASON-3                                  | Altimeters - Radar and Laser (Lidar) | Laser Retro-reflector Array (LRA)   | Laser Altimeter               | LRA este un instrument pasiv care acționează ca o țintă de referință pentru măsurătorile de urmărire laser efectuate de stațiile de la sol. Datele de urmărire cu laser sunt analizate pentru a calcula altitudinea satelitului la câțiva milimetri precizie.  |
| Aircraft   | Hyperspectral Instruments            | Airborne Visible/Infrared Imaging Spectrometer (AVIRIS)                                       | Imaging Spectromete           | Are 224 de canale învecinate, cu o lățime de aproximativ 10 nm. Măsurătorile sunt utilizate pentru a obține vaporii de apă, culoarea oceanului, clasificarea vegetației, cartografierea mineralelor și acoperirea cu zăpadă și gheață (proiectul BOREAS).  |
| Carbon in Arctic Reservoirs Vulnerability Experiment (CARVE) | Hyperspectral Instruments            | L-band Radiometer (LBR), Nadir-Viewing Spectrometer (NVS)                                     | Spectrometer                  | Sistem de teledetectie aeriană care colectează măsurători detaliate ale gazelor cu efect de seră la scară locală în regiunea Arctică. Aceasta este o parte a programului Earth Ventures 1 (EV-1).  |
| Deep Space Climate Observatory (DSCOVR)                      | Hyperspectral Instruments            | Electron Spectrometer(ES)   | Spectrometer                  | Primul satelit operațional american din spațiul profund. Monitorizează starea solară variabilă a vântului, observă fenomene de pe Pământ, inclusiv modificări ale ozonului, aerosolilor, prafului și cenușei vulcanice, înălțimii norilor, acoperirii vegetației și evoluția climei.   |
| Joint Polar Satellite System-1 (JPSS-1)                      | Hyperspectral Instruments            | Cross-Track Infrared Sounder(CrIS), Clouds and Earth, Åôs Radiant Energy System (CERES), etc. | Radiometer, Sounder           | Furnizarea de date esențiale pentru prognoze meteo exacte și în timp util și pentru urmărirea evenimentelor de mediu, cum ar fi incendiile și secetele forestiere. JPSS-1 este primul din seria NOAA de patru sateliți de mediu operaționali de generație următoare, concepute pentru a cerceta Pământul pe o orbită polară.   |
| Aircraft   | Hyperspectral Instruments            | Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) Airborne Simulator (MAS)                | Spectroradiomete              | Spectrometru de scanare aeriană care achiziționează imagini cu rezoluție spațială ridicată a caracteristicilor de suprafață de la bordul unei aeronave de cercetare de înaltă altitudine NASA ER-2. Aceasta include peste 38 de campanii diferite, precum Observations of Aerosols above Clouds and InteractionS (ORACLES), South African Regional Science Initiative 2000 (SAFARI 2000), etc. |
| Orbiting Carbon Observatory-2 (OCO-2)                        | Hyperspectral Instruments            | High-Resolution Grating Spectrometer (HRGS)   | Spectrometer                  | Primul satelit dedicat teledetectiei pentru a studia bioxidul de carbon atmosferic din spațiu.   |
| Sentinel 5P  | Hyperspectral Instruments            | TROPOspheric Monitoring Instrument (TROPOMI)  | Multispectral Radiometer      | Principalul obiectiv al misiunii este să efectueze măsurători atmosferice, cu rezoluție spațio-temporală ridicată, referitoare la calitatea aerului, schimbările climatice, ozonul și radiațiile UV.   |
| Suomi National Polar-orbiting Partnership (Suomi-NPP)        | Hyperspectral Instruments            | Cross-Track Infrared Sounder (CrIS)   | Spectrometer                  | Produce profiluri de temperatură, presiune și umiditate tridimensionale de înaltă rezoluție, utilizate pentru îmbunătățirea modelelor de prognoză meteo.   |
| Suomi National Polar-orbiting Partnership (Suomi-NPP)        | Hyperspectral Instruments            | Ozone Mapping Profiler Suite (OMPS)   | Suomi National Polar-orbiting | Sistem avansat folosind două instrumente hiper-spectrale, extinzând înregistrările privind ozonul atmosferic.  |
| Solar Radiation and Climate Experiment (SORCE)               | Hyperspectral Instruments            | Spectral Irradiance Monitor (SIM)   | Spectrometer                  | Satelitul SORCE orbitează în jurul Pământului acumulând date solare. SORCE măsoară puterea Soarelui folosind radiometre de ultimă generație, spectrometre, fotodiode, detectoare și alte instrumente montate pe satelit.   |

|   |                           |   |  |   |
|---|---------------------------|---|--|---|
| Solar Radiation and Climate Experiment (SORCE)  | Hyperspectral Instruments | Solar Stellar Irradiance Comparison Experiment (SOLSTICE)                   | Solar Radiation and Climate Experiment (SORCE) | Măsoară iradierea spectrală solară a discului solar în lungimile de undă ultraviolete între 115 și 430 nm.  |
| Total and Spectral Solar Irradiance Sensor-1 on the International Space Station (TSIS-1 on ISS) | Hyperspectral Instruments | Total Irradiance Monitor (TIM), Spectral Irradiance Monitor (SIM)           | Spectrometer                                   | Oferă măsurători absolute ale iradierii solare totale (Total Solar Irradiance-TSI) și a radiației solare spectrale (Spectral Solar Irradiance-SSI), importante pentru crearea modelelor științifice precise ale schimbărilor climatice și variabilității solare.  |
| Aqua  | Multispectral Instruments | Advanced Microwave Scanning Radiometer (AMSR-E)                             | Multichannel Microwave Radiometer              | Măsoară precipitațiile, vaporii de apă oceanici, concentrația de apă din nori, viteza vântului în apropierea suprafeței terestre, temperatura suprafeței mării și a terenului, umiditatea solului, acoperirea cu zăpadă și gheață marină.   |
| Aqua  | Multispectral Instruments | Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS)                       | Imaging Spectroradiometer                      | Măsoară mulți parametri de mediu (temperaturi ale suprafețelor oceanului și ale terenului, incendii, acoperire cu zăpadă și gheață, proprietăți și dinamici ale vegetației, reflectare și emisivitate a suprafeței, proprietăți ale aerului, în general ale atmosferei, temperatura atmosferică și vaporii de apă, culoarea, pigmenții și proprietăți biologice ale oceanului). |
| Cloud-Aerosol Lidar and Infrared Pathfinder Satellite Observation (CALIPSO)                     | Multispectral Instruments | Imaging Infrared Radiometer (IIR)   | Imaging Infrared Radiometer                    | Imagini de vizualizare nadir, cu o dimensiune de 1 km a pixelilor. Oferă măsurători pe trei canale în zonele de infraroșu termic 8,7 mm, 10,5 mm și 12,0 mm.  |
| Defense Meteorological Satellite Program (DMSP)   | Multispectral Instruments | Special Sensor Microwave Imager (SSM/I)                                     | Multispectral Microwave Radiometer             | Instrumentul are șapte canale și patru frecvențe. Măsoară viteza vântului în apropierea suprafeței mărilor și a oceanelor, vaporii de apă integrați atmosferici și conținutul de apă lichidă din nori, întinderea și concentrația gheții marine.  |
| Deep Space Climate Observatory (DSCOVR)   | Multispectral Instruments | Earth Polychromatic Imaging Camera (EPIC)                                   | Imaging Camera                                 | NASA a primit finanțare de la NOAA pentru reamenajarea navei spațiale DSCOVR și a instrumentelor sale, dezvoltarea segmentului de la sol și gestionarea lansării și activării DSCOVR.   |
| Deep Space Climate Observatory (DSCOVR)   | Multispectral Instruments | National Institute of Standards and Technology Advanced Radiometer (NISTAR) | Radiometer                                     | Datele colectate de NISTAR, radiații de undă scurtă și lungă de intrare și radiații de undă lungă de ieșire nu au fost niciodată măsurate, fiind de așteptat o precizie radiometrică de 0,1-1,5% (variază în funcție de bandă), ceea ce înseamnă o îmbunătățire de 10 ori a preciziei față de datele actuale ale sateliților care orbitează în jurul Pământului.                |

**Tabelul 3.7. Caracteristicile principale ale programelor satelitare care vor folosi sisteme senzoriale pasive. Misiuni viitoare[49]**

| Platforma  | Instrumentul  | Sistemul de operare  | Comentarii  |
|--|---|----------------------|---|
| Atmospheric Tomography Mission (ATom)                            | Balloon Experimental Twin Telescope for Infrared Interferometry (BETTII), NCAR etc. | Interferometer       | Identifică procesele chimice importante care controlează agenții care provoacă schimbările climatice cu durată scurtă de viață CH <sub>4</sub> , O <sub>3</sub> și carbonul negru (BC). Permite înțelegerea modului în care emisiile antropice afectează reactivitatea chimică a atmosferei la scară globală. Cercetează cum poate fi îmbunătățită modelarea chimică a acestor procese.   |
| Climate Absolute Radiance and Refractivity Observatory (CLARREO) | Infrared Spectrometer   | CLARREO              | Oferă înregistrări climatice exacte, credibile și testate, care pun bazele deciziilor informate privind politicile de atenuare și adaptare care abordează efectele schimbărilor climatice asupra societății.  |
| Coral Reef Airborne Laboratory (CORAL)                           | Portable Remote Imaging Spectrometryer (PRISM)                                      | Imaging Spectrometer | O nouă expediție NASA care va dura trei ani și va folosi instrumente avansate pe avioane și în apă pentru a cerceta mai mulți recifi de corali din lume și cu mai multe detalii, decât mai înainte și va măsura starea acestor ecosisteme amenințate și va crea o bază de date unică de scară și calitate uniformă.   |
| The Earth Surface Mineral Dust Source Investigation (EMIT)       | Hyperspectral Instruments   | Imaging Spectrometer | Scopul EMIT este de a avansa înțelegerea distribuției prafului mineral de la suprafața Pământului și impactul său asupra forțării concentrației de radiații radiative prin utilizarea modelelor de sistem terestre de ultimă generație (Earth System Models-ESMs), care sunt inițiate prin măsurători mai precise ale compoziției prafului mineral din zonele exploatare.   |
| Joint Polar Satellite System-2 (JPSS-2)                          | Cross-Track Infrared Sounder(CrIS), Clouds and Earth, etc.                          | JPSS-2               | Produce și furnizează noi date, imagini și produse din satelit pentru a crește precizia și fiabilitatea capacităților de prognoză meteo pentru evenimente și fenomene meteo severe, cum ar fi ciclonii tropicali, ca de exemplu Hurricane.  |
| Oceans Melting Greenland (OMG)                                   | Glacier and Ice Surface Topography Interferometer (GLISTIN), etc.                   | Interferometer       | Facilitează o mai bună înțelegere și estimare a creșterii nivelului mărilor și a oceanelor prin topirea gheții din Groenlandei de jos. Efectuează măsurători fizice oceanografice și măsurători de înaltă precizie ale ghețarilor de coastă din Groenlanda.   |
| Pre-Aerosol, Clouds, and ocean Ecosystem (PACE)                  | Ocean color Instrument (OCI), Polarimeter   | Polarimeter          | Oferă o mai bună înțelegere a ciclului carbonului și înregistrări extinse de date privind norii și aerosolii.   |
| Polar Radiant Energy in the Far Infrared Experiment (PREFIRE)    | Miniaturized thermal infrared spectrometers on two CubeSat Satellites               | Spectrometer         | Obiectivele principale sunt: a) cuantificarea spectrelor de emisivitate FIR(Far Infrared Experiment) pentru zăpadă și gheață și variabilitatea acestora pe scară sezonieră; b) cuantifică efectul de seră și răspunsul acestuia la variațiile sezoniere ale acoperirii norilor și a vaporilor de apă; c) cuantificarea (a) și (b) pentru procesele de topire sub-zilnice.   |
| Sentinel-6A  | TBD   | TBD                  | Satelitul Sentinel-6A și satelitul Sentinel-6B vor colecta date de pe suprafață oceanică în perioada 2020 și 2030. Cei doi sateliți vor efectua măsurătorile în mod continuu la o altitudine de aproximativ 1.350 km, într-o poziție orbitală de 66 grade, similar cu cea a misiunii Jason-3. Obiectivele misiunii includ măsurarea topografică a oceanului și permite predicția numerică 3D a oceanului în combinație cu meteorologie marină.  |
| Tropospheric Emissions: Monitoring of Pollution (TEMPO)          | UV and Visible Offner Grating Spectrometer (UVOGS)                                  | Spectrometer         | Va răspunde la mai multe întrebări științifice: Care sunt variațiile temporale și spațiale ale emisiilor de gaze și aerosoli importanți pentru calitatea aerului și pentru climă? Cum determină procesele fizice, chimice și dinamice compoziția troposferică și calitatea aerului pe scări spațiale care variază de la urban la continental și temporal de la diurn la sezon? Cum influențează poluarea aerului forțarea climatului și cum afectează schimbările climatice calitatea aerului la scară continentală? Etc. |

**Bibliografie Capitolul 3**

- [1]. <http://www.geol-amu.org/notes/mw4-2-6.htm>
- [2]. <http://egyankosh.ac.in/bitstream/123456789/39532/1/Unit-4.pdf>
- [3]. <http://web.pdx.edu/~nauna/resources/15-sensors.pdf>
- [4]. [http://www.ccpo.odu.edu/SEES/veget/class/Chap\\_5/5\\_3.htm](http://www.ccpo.odu.edu/SEES/veget/class/Chap_5/5_3.htm)
- [5]. [https://www.researchgate.net/publication/307351403\\_REMOTE\\_SENSING\\_TECHNOLOGIES\\_FOR\\_POST-EARTHQUAKE\\_DAMAGE\\_ASSESSMENT\\_A\\_CASE\\_STUDY\\_ON\\_THE\\_2016\\_KUMAMOTO\\_EARTHQUAKE/figures?lo=1&utm\\_source=google&utm\\_medium=organic](https://www.researchgate.net/publication/307351403_REMOTE_SENSING_TECHNOLOGIES_FOR_POST-EARTHQUAKE_DAMAGE_ASSESSMENT_A_CASE_STUDY_ON_THE_2016_KUMAMOTO_EARTHQUAKE/figures?lo=1&utm_source=google&utm_medium=organic)
- [6]. <https://theconstructor.org/others/remote-sensing-applications/398/>
- [7]. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2016.01131/full>
- [8]. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1674927815000519>
- [9]. [https://www.ars.usda.gov/ARUserFiles/20000000/Clarke,%20Tom\\_Ground-based%20Remote%20Sensing.pdf](https://www.ars.usda.gov/ARUserFiles/20000000/Clarke,%20Tom_Ground-based%20Remote%20Sensing.pdf)
- [10]. <https://earthobservatory.nasa.gov/features/BOREASCarbon>
- [11]. <https://wildfire-landslide-risk-dss.uark.edu/news-2/>
- [12]. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/169/1/012003>
- [13]. <https://www.isro.gov.in/applications-of-unmanned-aerial-vehicle-uav-based-remote-sensing-ne-region>
- [14]. [http://www.ccpo.odu.edu/SEES/veget/class/Chap\\_5/5\\_3.htm](http://www.ccpo.odu.edu/SEES/veget/class/Chap_5/5_3.htm)
- [15]. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/22797254.2018.1444945>
- [16]. <https://Spot.gsfc.nasa.gov/nasa-awards-contract-for-sustainable-land-imaging-spacecraft/>
- [17]. <https://earth.esa.int/web/guest/missions/3rd-party-missions/current-missions/spot>
- [18]. [http://www.isrsindia.in/controller/forthcoming/Symposium%20Brochure%20for%20Web%2010%20.03.%202013\\_2.pdf](http://www.isrsindia.in/controller/forthcoming/Symposium%20Brochure%20for%20Web%2010%20.03.%202013_2.pdf)
- [19]. <https://www.isro.gov.in/missions>
- [20]. <https://www.isro.gov.in/about-isro/satish-dhawan-space-centre-sdsc-shar>
- [21]. [https://space.skyrocket.de/doc\\_sdat/irs-1a.htm](https://space.skyrocket.de/doc_sdat/irs-1a.htm)
- [22]. <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/content/-/article/irsp4>
- [23]. <https://www.isro.gov.in/Spacecraft/technology-experiment-satellite-tes>
- [24]. <http://www.un-spider.org/node/11801>
- [25]. <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/r/resourcesat-2>
- [26]. <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/m/megha-tropiques>
- [27]. <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/r/risat-1>
- [28]. <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/s/saral>
- [29]. <http://bis.iirs.gov.in>
- [30]. [www.nedrp.gov.in](http://www.nedrp.gov.in)

- [31]. <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02881137>
- [32]. <https://www.iirs.gov.in/>
- [33]. <https://usgif.org/system/uploads/995/original/Puckorius.pdf>
- [34]. <https://earth.esa.int/web/guest/missions/3rd-party-missions/current-missions/noaa-avhrr>
- [35]. USGS Earth Resources Observation and Science AVHRR page Archived 9 May 2009 at the Wayback Machine
- [36]. <https://www.ospo.noaa.gov/Operations/POES/status.html>
- [38]. "NSSDCA-Master Catalog-TIROS-N". [nssdca.gsfc.nasa.gov](https://nssdca.gsfc.nasa.gov). NASA.
- [39]. <https://www.wmo-sat.info/oscar/satellites/view/329>
- [40]. <https://www.wmo-sat.info/oscar/satellites/view/331>
- [41]. <https://www.wmo-sat.info/oscar/satellites/view/338>
- [42]. <https://www.wmo-sat.info/oscar/satellites/view/340>
- [43]. <https://www.eumetsat.int/website/home/Satellites/CurrentSatellites/Metop/index.html>
- [44]. [https://space.skyrocket.de/doc\\_sdat/metop.htm](https://space.skyrocket.de/doc_sdat/metop.htm)
- [45]. [https://space.skyrocket.de/doc\\_lau\\_det/soyuz-stb\\_fregat-m.htm](https://space.skyrocket.de/doc_lau_det/soyuz-stb_fregat-m.htm)
- [46]. <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions>
- [47]. [https://www.nasa.gov/directorates/heo/scan/communications/outreach/funfacts/txt\\_passive\\_active.html](https://www.nasa.gov/directorates/heo/scan/communications/outreach/funfacts/txt_passive_active.html)
- [48]. <https://www.nrcan.gc.ca/maps-tools-publications/satellite-imagery-air-photos/remote-sensing-tutorials/introduction/passive-vs-active-sensing/14639>
- [49]. <https://earthdata.nasa.gov/learn/remote-sensors>
- [50]. Doscher, James. "Accelerometer Design and Applications". Analog Devices.
- [51]. Rindler, W. (2013). *Essential Relativity: Special, General, and Cosmological* (illustrated ed.). Springer. p. 61. ISBN 978-1-4757-1135-6.
- [52]. Mukherjee, Rahul; Basu, Joydeep; Mandal, Pradip; Guha, Prasanta Kumar (2017). "A review of micromachined thermal accelerometers". *Journal of Micromechanics and Microengineering*. 27 (12): 123002.
- [53]. <https://www.robofun.ro/senzori/accelerometru>
- [54]. <https://www.optimusdigital.ro/ro/senzori-senzori-inertiali/97-modul-accelerometru-cu-3-axe-adxl345.html>
- [55]. <https://www.hindawi.com/journals/js/2016/4378540/>
- [56]. J. Laine and D. Mougnot, "Benefits of MEMS based seismic accelerometers for oil exploration," in *Proceedings of the International Solid-State Sensors, Actuators and Microsystems Conference (TRANSDUCERS '07)*, pp. 1473–1477, IEEE, Lyon, France, June 2007.
- [57]. <https://www.mdpi.com/2072-4292/11/13/1512>
- [58]. John S. MacDonald, Susan L. Ustin, and Michael E. Schaepman. "The Contributions of Dr. Alexander F. H. Goetz to Imaging Spectroscopy." *Remote Sensing of Environment*. September 2009: S2-S4.
- [59]. [https://www.malvernpanalytical.com/en/products/measurement-type/remote-sensing?creative=338154552942&keyword=&matchtype=b&network=g&device=c&gclid=CjwKCAiA\\_f3uBRAMeiwAzPuaMxG-1ap4crwDUhGGRHk4qCbSuYtmA2kW65zjTQ-mTR8Jjv163vywSxoCdhMQAvD\\_BwE](https://www.malvernpanalytical.com/en/products/measurement-type/remote-sensing?creative=338154552942&keyword=&matchtype=b&network=g&device=c&gclid=CjwKCAiA_f3uBRAMeiwAzPuaMxG-1ap4crwDUhGGRHk4qCbSuYtmA2kW65zjTQ-mTR8Jjv163vywSxoCdhMQAvD_BwE)

- [60]. <https://cubert-gmbh.com/product/ultris-20-hyperspectral/>
- [61]. <https://cubert-gmbh.com/cubert-spectral-cameras/>
- [62]. <https://www.hyspex.com/hyspex-products/hyspex-classic/hyspex-vnir-1800/>
- [63]. <https://www.hyspex.com/hyspex-products/hyspex-mjolnir/hyspex-mjolnir-s-620/>
- [64]. <https://www.raytheon.com/capabilities/products/viirs>
- [65]. <https://www.ci-systems.com/Imaging-Radiometers>
- [66]. <https://www.opsytec.com/products/uv-sensors/radiometric-sensors>
- [67]. [https://suzaku.eorc.jaxa.jp/GCOM\\_W/w\\_amsr2/amsr2\\_body\\_main.html](https://suzaku.eorc.jaxa.jp/GCOM_W/w_amsr2/amsr2_body_main.html)
- [68]. <https://solarlight.com/product/dose-controllermeter-dcs-2-0/>
- [69]. <http://www.freepatentsonline.com/7034516.html>
- [70]. <https://www.apogeeinstruments.com/applications-and-uses-of-infrared-radiometers/>
- [71]. <https://www.radiometer-physics.de/products/microwave-remote-sensing-instruments/radiometers/>
- [72]. Egbert Boeker and Rienk van Grondelle (2000). Environmental Physics (2nd ed.). Wiley.
- [73]. Clive D. Rodgers (2000). Inverse Methods for Atmospheric Sounding: Theory and Practice. World Scientific
- [74]. <https://www.semanticscholar.org/paper/Imaging-performance-analysis-for-the-Geostationary-Zhang-Liu/5bf204f283f324a419f243ca2e1343980414ed1e>
- [75]. [https://skymapglobal.com/oceanography-remote-sensing/4167340394\\_cc0b979fac\\_b/](https://skymapglobal.com/oceanography-remote-sensing/4167340394_cc0b979fac_b/)
- [76]. <https://www.roadscanners.com/services/bridge-surveys/>
- [77]. <https://www.picarro.com/science>
- [78]. <https://www.slideshare.net/haseebg8/presentation1-41843080>
- [79]. <https://oceanoptics.com/products/comparison-chart-of-modular-spectrometers/>
- [80]. <https://www.stellarnet.us/spectrometers/blue-wave-miniature-spectrometers/>
- [81]. <https://www.stellarnet.us/spectrometers/silver-nova-super-range-te-cooled-spectrometers/>
- [82]. Kostkowski, Henry J. Reliable Spectroradiometry. La Plata, MD: Spectroradiometry Consulting, 1997.
- [83]. Sanders, Charles L., and R. Rotter. The Spectroradiometric Measurement of Light Sources. Paris, France: Bureau Central De La CIE, 1984
- [84]. Schnedier, William E., and Richard Young, Ph.D. Spectroradiometry Methods. Application Note (A14). N.p., 1998.
- [85]. Apogee Instruments. Spectroradiometer PS-100 (350 - 1000 Nm), PS-200 (300 - 800 Nm), PS-300 (300 - 1000 Nm). N.p.: Apogee Instruments, n.d. Apogee Instruments Spectroradiometer Manual.
- [86]. Gamma Scientific. "Seven Factors Affecting Spectroradiometer Accuracy and Performance." Gamma Scientific. N.p., n.d
- [87]. <https://spectralevolution.com/applications/remote-sensing/spectral-remote-sensing/>
- [88]. <https://trends.directindustry.fr/project-181743.html>
- [89]. <https://spectralevolution.com/products/hardware/field-portable-spectroradiometers-for-remote-sensing/rs-3500/>

## 4. Sisteme satelitare active

### 4.1. Definirea conceptului. Prezentare generală

Senzorii activi, oferă propria sursă de energie pentru a ilumina obiectele pe care le observă. Senzorul emite radiații care sunt direcționate către ținta de investigat. Radiația reflectată de la ținta respectivă este detectată și măsurată de senzor. Avantajele senzorilor activi includ capacitatea de a obține măsurători oricând, indiferent de sezon sau de ora zilei. Senzorii activi pot fi folosiți pentru examinarea lungimilor de undă care nu sunt suficient furnizate de soare, cum ar fi microunde, sau pentru a controla mai bine modul în care o țintă este iluminată. Cu toate acestea, sistemele active necesită generarea unei cantități destul de mari de energie pentru a ilumina în mod adecvat țintele.[1]. “Un senzor activ este un instrument radar utilizat pentru măsurarea semnalelor transmise de senzor care au fost reflectate, refractate sau împrăștiate de suprafața Pământului sau de atmosfera sa.”(denumire dată de NASA[2]). Senzorii activi transportați în spațiu au o varietate de aplicații legate de meteorologie și observarea suprafeței și atmosferei Pământului. De exemplu, radarele de precipitații măsoară ecoul radarului din precipitații pentru a determina rata precipitațiilor de pe suprafața Pământului; iar radarele cu profil de nori măsoară întoarcerea ecoului radar din nori pentru a oferi un profil tridimensional al reflectivității norilor de pe suprafața Pământului. Senzorii activi transportați în spațiu funcționează în serviciul de explorare a pământului prin satelit sau în serviciul de cercetare spațială. Alocările active ale frecvenței senzorilor sunt adesea partajate cu alte sisteme radar, deoarece aceste sisteme sunt în mod normal compatibile cu funcționarea senzorilor. Senzorii activi, într-o altă interpretare, transmit rafale scurte sau „impulsuri” de energie electromagnetică în direcția de interes și înregistrează originea și puterea retragerii primite de la obiectele din câmpul vizual al sistemului.[3].

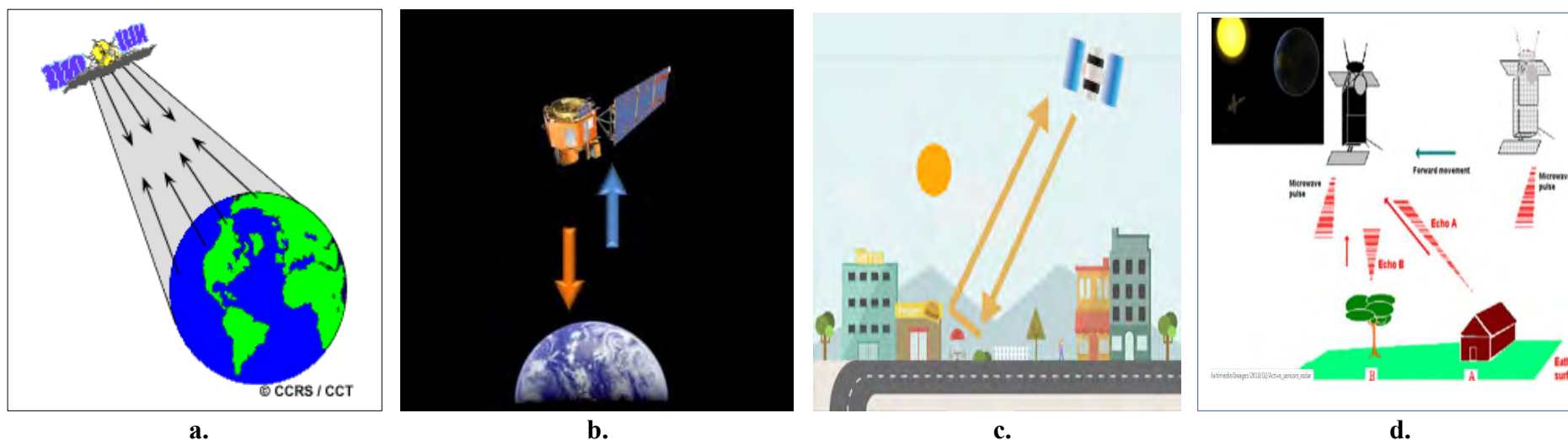


Figura 4.1. Diferite reprezentări ale conceptului de senzor activ a. Natural Resources Canada[1], b. NASA[2], c. GISGeography[4], d. ESA[5]

## 4.2. Categoriile de senzori activi[6]

Majoritatea senzorilor activi funcționează în porțiunea cu microunde a spectrului electromagnetic, ceea ce îi face să poată pătrunde în atmosferă în cele mai multe condiții. O tehnică activă vizualizează ținta de la capătul unei linii de bază cu lungimea cunoscută. Modificarea direcției de vedere aparentă (paralaxa) este legată de distanța absolută între instrument și țintă. Principalele instrumente cu senzori activi utilizate în teledetecție sunt următoarele[6]:

1. **LiDARul** este un senzor de detecție a luminii care folosește un radar cu laser (amplificare de lumină prin emisie stimulată de radiații) pentru a transmite un impuls de lumină și un receptor cu detectoare sensibile pentru a măsura lumina reflectată. Distanța față de obiect este determinată prin înregistrarea timpului dintre impulsurile transmise și cele reflectate și prin utilizarea vitezei luminii pentru a calcula distanța parcursă.
2. **Radarul** este un detector radio activ și în același timp un senzor cu variație care oferă propria sursă de energie electromagnetică. Un senzor radar activ, indiferent de aer sau de spațiu, emite radiații cu microunde într-o serie de impulsuri de la o antenă. Când energia atinge ținta, o parte din energie este reflectată înapoi către senzor. Această radiație cu microunde este detectată, măsurată și cronometrată. Timpul necesar pentru ca energia să călătorească spre țintă și să se întoarcă înapoi la senzor determină distanța până la țintă. Înregistrând raza de acțiune și amploarea energiei reflectate de la toate țintele în timp, se poate produce o imagine bidimensională a suprafeței. Radarul funcționează în regiunile de undă radio cu microunde și radio ale spectrului electromagnetic. Lungimile de undă variază de la 1 mm la 20 m.
3. **Ranging Instrumentul** este un dispozitiv care măsoară distanța dintre instrument și obiectul țintă. Radarele și altimetrele funcționează determinând timpul pe care un impuls transmis (microunde sau lumină) este necesar pentru a reflecta dintr-o țintă și pentru a reveni la instrument. O altă tehnică folosește instrumente de microunde identice pe o pereche de platforme. Semnalele sunt transmise de la fiecare instrument la celălalt, cu distanța dintre cele două determinată prin diferența dintre faza semnalului primit și faza transmisă (de referință).
4. **Scatterometrul** este un radar cu microunde de înaltă frecvență, conceput special pentru a măsura radiațiile reflectate. Pe suprafețele oceanului, măsurătorile radiațiilor reflectate în regiunea spectrală a microundelor pot fi utilizate pentru a obține hărți ale vitezei și direcției vântului de suprafață.
5. **Sounderul** este un instrument care măsoară distribuția verticală a precipitațiilor și a altor caracteristici atmosferice, cum ar fi temperatura, umiditatea și compoziția norului.

### 4.2.1. LiDARul utilizat ca senzor activ[7-121]

#### 4.2.1.1. Definirea conceptului. Noțiuni generale

Altimetria cu laser este un grup de tehnici active de teledetecție. Principiul acestora de funcționare este următoarea: un altimetru laser emite impulsuri laser, care sunt reflectate de obiectele situate la suprafața solului, o parte din radiațiile reflectate fiind detectate de instrument și astfel, luând în considerare viteza luminii, poate fi calculată distanța până la suprafața solului. Altimetria laser există în patru forme: **Light Detection And Ranging (LiDAR) aerial survey**(sondaj aerian de detecție a luminii și variație), **satellite laser altimetry**(altimetrie cu laser prin satelit) și **terrestrial LiDAR survey** (sondaj LiDAR terestru), **Laser altimeter**(Altimetru laser).[7] LiDARul este uneori numit **3D laser scanning**(scanare laser 3D), o combinație specială dintre o **3D scanning**(scanare 3D) și **laser scanning**(o scanare laser).



Studiile aeriene LiDAR sunt aplicate în mod obișnuit pentru a crea DEM-uri de înaltă rezoluție atât pe suprafața terenului, cât și pe malul mării, până la adâncimi de 70 m în apele limpezi. Deși unele probleme tehnice sunt încă nesoluționate (de exemplu, filtrarea eficientă a zgomotului de înaltă frecvență) sondajele aeriene LiDAR oferă soluții rapide bazate pe DTM pentru problemele pe scară largă ale științei și geologiei solului.[7] Modelele digitale de ridicare-Digital Elevation Models (DEM) sunt un instrument valoros pentru parametrizarea topografică, în special pentru analize de eroziune și drenaj, hidrologie în pantă, apele hidrografice, curgerea apei subterane și transportul contaminanților[8].

Altimetria laser prin satelit este utilizată pe scară largă pentru generarea DEM. În primul rând, au fost produse două DEM-uri globale ale lunii: DEM cu rezoluție scăzută, bazat pe baza de date a misiunii Clementine și DEM cu rezoluție medie, bazată pe datele LOLA Reconnaissance Orbiter LOLA. În al doilea rând, DEM-ul global cu rezoluție medie a planetei Marte a fost creat folosind datele MOLA Mars Surveyor Global. În al treilea rând, DEM pentru straturile de gheață din Antarctica și Groenlanda au fost generate din datele ICESat. Astfel de DEM sunt utilizate în studii geologice și planetologice la scară medie și mică.[7].

LiDARurile terestre sunt aplicate pentru a crea DEM-uri de înaltă rezoluție a diferitelor fenomene terestre de alunecare, eroziune, prăbușire, etc., care pot fi incluse în modele geologice și geotehnice tridimensionale pe scară largă.[7]

Altimetrul laser este un instrument care folosește un senzor de detecție a luminii pentru a măsura înălțimea platformei (nave spațiale sau aeronave) deasupra suprafeței terestre. Înălțimea platformei în raport cu suprafața medie a Pământului este utilizată pentru a determina topografia suprafeței de bază.

Primele aplicații ale lui LiDAR au venit în meteorologie, unde Centrul Național de Cercetări Atmosferice l-a folosit pentru a măsura norii și poluarea. [9]. Publicul larg a luat cunoștință de acuratețea și utilitatea sistemelor LiDAR în 1971 în timpul misiunii Apollo 15, când astronauții au folosit un altimetru laser pentru a cartografia suprafața lunii.[10].

LiDAR-ul folosește lumina ultravioletă, vizibilă sau aproape de infraroșu pentru obiecte de imagine. Acesta poate detecta o gamă largă de materiale, inclusiv obiecte nemetalice, roci, ploaie, compuși chimici, aerosoli, nori, etc.[11] O rază laser poate cartografia caracteristicile fizice ale obiectelor scanate cu rezoluții foarte mari, de exemplu, o aeronavă poate cartografia terenul la o rezoluție de 30 de centimetri sau, prin combinarea diferitelor tehnologii chiar mai bună.[12].

Conceptul esențial de LiDAR a fost lansat de către EH Synge(Edward Hutchinson Synge, 1890 – 1957, fizician irlandez) în 1930, care a utilizat lumini de căutare puternice pentru a sonda atmosfera.[12,13]. NASA a identificat LiDARul ca o tehnologie cheie pentru a permite o aterizare autonomă și sigură de precizie a viitoarelor vehicule robotizate[14]

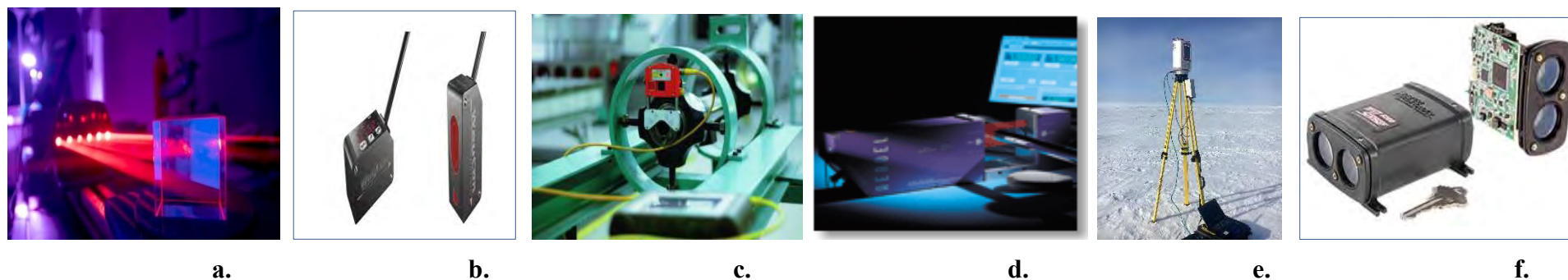
Lungimile de undă variază în funcție de țintă: de la aproximativ 10 micrometri (infraroșu) la aproximativ 250 nm (UV)[4] Combinații adecvate de lungimi de undă pot permite cartografierea la distanță a conținutului atmosferic, prin identificarea modificărilor dependente de lungimea de undă a intensității semnalului returnat.[11]

#### 4.2.1.2. Principalele componente ale sistemelor LiDAR

Sistemele LiDAR au în compoziție mai multe componente principale fiind următoarele:

- **Laserul** este un dispozitiv optic care generează un fascicul coerent de lumină. Fasciculele laser au mai multe proprietăți care le diferențiază de lumina incoerentă produsă, de becul cu incandescență sau alte surse de lumină: monocromaticitate fiind un spectru foarte îngust de lungimi de undă

între 500 și 2000 nm, directivitate, proprietatea de a se propaga pe distanțe mari cu o divergență foarte mică și, ca urmare, capacitatea de a fi focalizate pe o arie foarte mică; intensitate, unele dispozitive emit un fascicul suficient de intens pentru a fi folosite la tăierea metalelor. Termenul laser provine din limba engleză fiind acronimul LASER - Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation („amplificarea luminii prin stimularea emisiei de radiație”). [12-16]. Laserele de 500–1000 nm sunt utilizate în general pentru aplicațiile non-științifice. O alternativă frecvent utilizată sunt laserele de 1550 nm, sigure pentru ochi la niveluri de putere relativ ridicate, deoarece această lungime de undă nu este puternic absorbită de ochi, dar tehnologia detectorului este mai puțin avansată, astfel încât aceste lungimi de undă sunt utilizate, în general, la intervale mai lungi și cu precizii mai mici. Cea mai cunoscută aplicație este pentru aplicații militare, deoarece 1550 nm nu este vizibil în ochelarii de vedere nocturnă, spre deosebire de laserul cu infraroșu mai scurt de 1000 nm. Liderile de cartografiere topografică aeriană folosesc, în general, lasere YAG pompate cu diodă 1064 nm, în timp ce sistemele batimetrice (cercetare în profunzime subacvatică) utilizează, în general, laserele YAG pompate cu diodă cu frecvență de 532 nm, deoarece 532 nm pătrund în apă.[11]. Cel mai puternic laser din lume se găsește în țara noastră la Institutul pentru Fizică și Inginerie Nucleară de la Măgurele, acesta atingând la data de 7 martie 2019 o putere de 10 PetaWatts, putere neatinsă până în prezent.[17,18]. În Figura 4.2. sunt prezentate câteva modele de laser, utilizate în diverse domenii, de la cercetări în Fizica nucleară, cum este cazul laserului de la Măgurele(a.) la Laser Sensor LAR(b.), un senzor laser care datorită rezoluției sale foarte înalte, senzori laser utilizați pentru măsurarea cu precizie a distanței, traseului și poziției unui obiect-țintă, Laser T&T In Situ Machining pentru măsurarea și alinierea foarte precisă în construcția de mașini, industria navală, industria petrochimică, etc.(c.), Laser Aeroel pentru calibrare fără diametru de contact, pentru a fi folosiți în mediul industrial, fiind o componentă ideală pentru a fi incluse în sisteme de automatizare. Sunt produși în două variante, Single Axis Sensors, XLS Laser Sensors for single axis measurement(Senzori laser XLS pentru măsurarea cu o singură axă) sau Dual Axis Sensors XLS Laser Sensors for dual axis measurement(Senzori laser XLS pentru măsurarea cu două axe), VZ-6000, cel mai performant scanner al liniei de instrumente Terrestrial Laser Scanning (TLS) al companiei Riegl VZ, Laserele TruSense S200 Seria S210 și S230, produse de Laser Technology, Inc., concepute pentru diferite aplicații industriale, inclusiv managementul și automatizarea instalațiilor, securitatea și supravegherea, ghidarea vehiculelor și automatizarea și gestionarea traficului(f.).



**Figura 4.2. Exemple de lasere: a. Laserul de la Institutul pentru Fizică și Inginerie Nucleară de la Măgurele [17,18], b. Laser Sensor LAR [19], c. Laser T&T In Situ Machining [20], d. Single Axis Sensors, XLS [21], e. VZ-6000, Terrestrial Laser Scanning (TLS) Riegl VZ.[22], f. LTI TruSense S-Series Laser Sensor[23]**

- **Flash Lidarul** este un senzor activ care are o camera foto al cărui plan focal are rânduri și coloane de pixeli cu „adâncime” și „intensitate” amplă pentru a crea modele de peisaj 3D.[24] Fiecare pixel înregistrează timpul necesar fiecărui impuls laser pentru a atinge ținta și a reveni la senzor, precum și adâncimea, locația și intensitatea reflectoare a obiectului contactat de pulsul laser. [24]. Blițul folosește o singură sursă de lumină care luminează câmpul vizual într-un singur impuls. Semnalul returnat este procesat de algoritmi încorporați pentru a produce o redare 3D aproape instantanee a obiectelor și a caracteristicilor terenului în câmpul vizual al senzorului.[26]. Frecvența de repetare a impulsului cu laser este suficientă pentru a genera videoclipuri 3D cu rezoluție și precizie ridicată.[27,28] Rata de cadru ridicată a senzorului îl face un instrument util pentru o varietate de aplicații care beneficiază de vizualizare în timp real, cum ar fi operațiunile de aterizare extrem de precise.[27-29]. În Figura 4.3 sunt redată câteva modele de Flash Lidar, de exemplu Phantom Intelligence flash LiDAR poate să estimeze distanțe, viteza și accelerația obiectelor în mișcare, principalele modele sunt: a. SENTINEL™ LIDAR SENSOR și b. GUARDIAN™ LIDAR SENSOR, Un avantaj semnificativ al tehnologiei de detecție a senzorului 3D Flash LIDAR este faptul că filmele 3D pot fi achiziționate la frecvența de repetare a pulsului laser, ceea ce face ca video 3D să devină realitate. Această capacitate permite vizualizarea în timp real a mașinii. Rata de cadre ridicată înseamnă că maparea topografică poate fi obținută mai rapid decât cu tehnologia de scanare punctuală, scăzând timpul necesar zborului necesar pentru scanarea și capturarea unei zone. Economisirea inerentă a greutateii înseamnă că un vehicul, cum ar fi un UAV / UAS, poate rămâne mult mai mult timp, iar înregistrarea pixel-în-pixel reduce mult necesitatea cunoașterii precise de punctare atunci când îmbinați imagini pentru a crea hărți mari. Un alt avantaj nu atât de intuitiv este faptul că imaginile 3D cu impulsuri laser cu un singur laser sunt, în general, imune la mișcarea platformei, vibrațiile platformei și mișcarea obiectului datorită captării vitezei de lumină a cadrului de date. În figura 4.3. sunt prezentate alte două modele de Flash Lidar, produse de Advanced Scientific Concepts, Inc., respectiv: c. TIGERCUB 3D FLASH LIDAR și d. PEREGRINE 3D FLASH LIDAR



a.

b.

c.

d.

Figura 4.3. Exemple de Flash Lidar: a. SENTINEL™ LIDAR SENSOR[30], b. GUARDIAN™ LIDAR SENSOR[30], c. TIGERCUB 3D FLASH LIDAR [31], d. PEREGRINE 3D FLASH LIDAR[31]

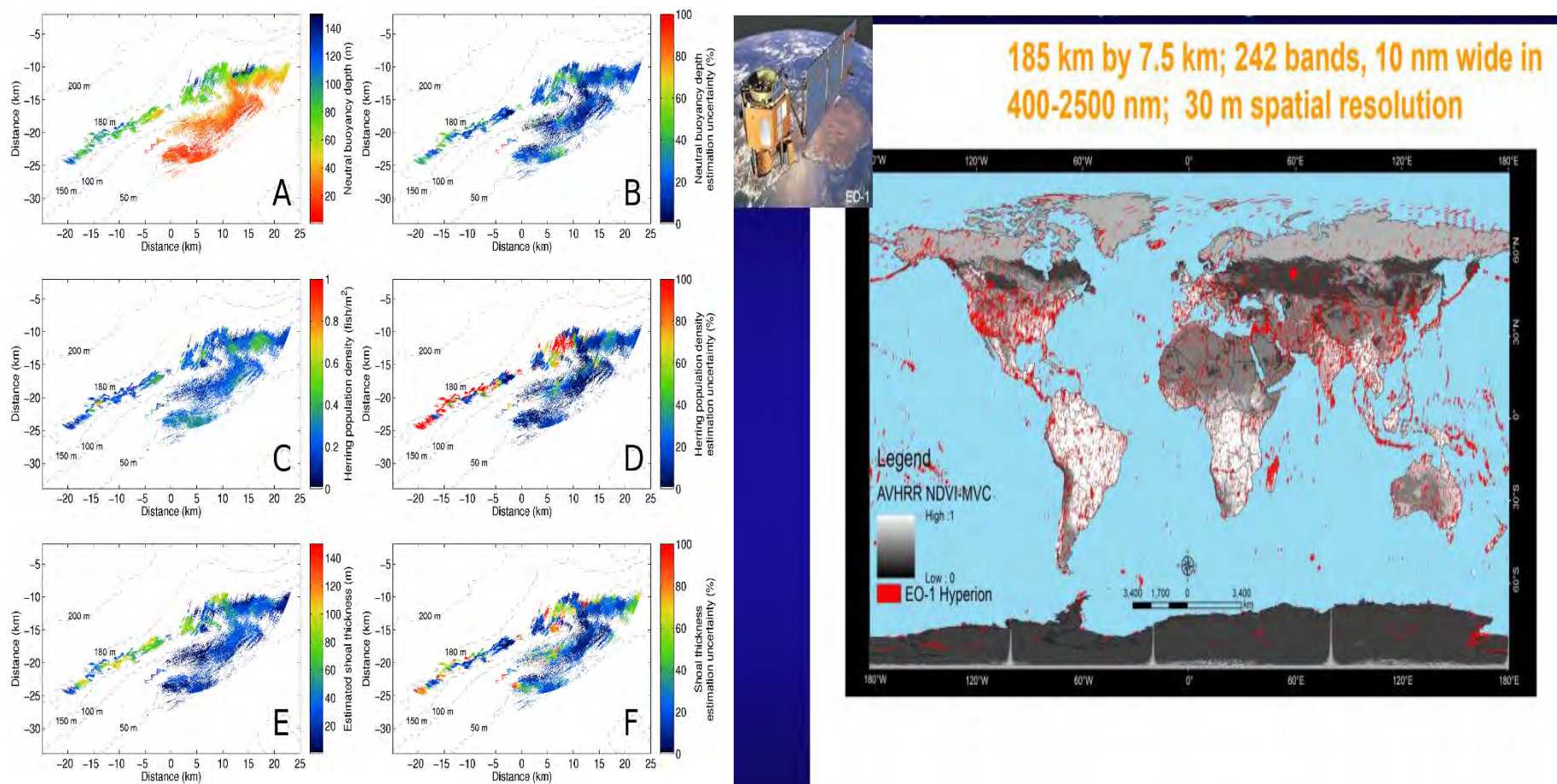
- **Phased Array**(tablou în faze) poate ilumina în orice direcție folosind un tablou microscopic de antene individuale. Controlul sincronizării (fazei) fiecărei antene conduce un semnal de coeziune într-o direcție specifică. Matricile cu faze au fost utilizate și în sistemele radar încă din anii '50. Aceeași tehnică poate fi folosită și cu lumina. Sistemul este controlat prin cronometrarea foarte precisă. Această variantă de lidar în stare solidă poate funcționa până la 100.000 de ore, crescând astfel de 100 de ori durata de viață a sistemului[22]. În cazul sistemelor Phased Array un tablou de antene este controlat de computer care creează un fascicul de unde radio care poate fi direcționat electronic pentru a măsura în direcții diferite fără a muta antenele. În acest caz curentul de frecvență radio de la emițător este alimentat la antenele individuale cu relația de fază corectă, astfel încât undele radio din antenele separate să se adauge pentru a crește radiația în direcția dorită, anulând în același timp suprimarea radiației în mod nedorit. Direcții. Puterea de la emițător este alimentată la antene prin dispozitive numite comutatoare de fază, controlate de un sistem informatic, care pot modifica faza electronic, orientând astfel fasciculul de unde radio într-o direcție diferită. [32-39]. În Figura 4.4. sunt date detalii și modele privind aceste sisteme senzoriale active.



Figura 4.4. Exemple de utilizare a sistemelor senzoriale active Phased Array: a. Principiul de funcționare- Diagrama elementelor matrice în etape[40], b. Instrumente Topaz Phased Array produse de Zetec, Inc. [31]

- **Senzori activi.** Lidar utilizează senzori activi care furnizează propria sursă de iluminare. Sursa de energie lovește obiecte, iar energia reflectată este detectată și măsurată de senzori. Imagistica tridimensională poate fi realizată folosind atât sisteme de scanare cât și non-scanare. „Radar laser cu vizionare tridimensională” este un sistem cu laser care nu scanează, fiind format dintr-un laser pulsant și o cameră închisă.[41]. Lidarul imagistic folosește tablouri de detectoare de mare viteză și modele de detector sensibile la modulare, construite în mod tipic pe cipuri simple, folosind tehnici complementare de metal-oxid-semiconductor (CMOS) și tehnici hibride CMOS / Charge-coupled-device (CCD). În aceste dispozitive, pe fiecare pixel se efectuează unele prelucrări locale, cum ar fi demodularea sau închiderea la viteză mare, transformând semnalele în viteză video, astfel

Încât tabloul să poată fi citit ca o cameră foto. Folosind această tehnică, mai multe mii de pixeli / canale pot fi achiziționate simultan.[42,43]. Camerele de tip lidar 3-D de înaltă rezoluție utilizează detectarea cu un obturator electronic CCD sau CMOS.[44].

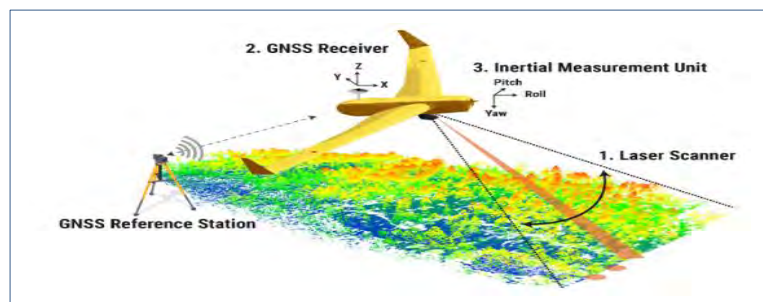


a.

b.

**Figura 4.5. Exemple de utilizare a sistemelor senzoriale active: a. Aplicații în peicicultură- Analiza migrației bancurilor de hering într-o zonă oceanică- Imagistica comportamentului unui grup de pește oceanic cu ajutorul senzorilor de rezonanță multispectrală dezvăluie [45], b. Teledetecție hiperspectrală (Spectroscopia imagistică) a vegetației ~ 70.000 de imagini hiperspectrice Hyperion ale lumii (2001-2013)[46]**

- **Sisteme de navigație și poziționare**, Indiferent dacă senzorul LiDAR este montat pe avion, mașină sau UAV (sisteme aeriene fără pilot), este esențial să se determine poziția și orientarea absolută a senzorului pentru a se asigura că datele captate sunt date utilizabile. Sistemele globale de navigație prin satelit (GNSS) furnizează informații geografice exacte cu privire la poziția senzorului (latitudine, longitudine, înălțime), iar unitatea de măsurare inerțială (Inertial Measurement Unit-IMU) definește în această locație orientarea precisă a senzorului. Datele înregistrate de aceste 2 dispozitive sunt apoi utilizate pentru a genera date în puncte statice: baza norului de puncte de mapare 3D.[46]



a.



b.



c.

Figura 4.6. Aplicații GNSS în navigație: a. Principiul sistemului[47], b. Instrumente GNSS pentru navigație produse de Inertial Labs, Paeonian Springs, SUA[48], Principalele utilizări ale sistemelor Inertial Labs Single and Dual Antenna GPS-Aided Inertial Navigation System – INS[48]

#### 4.2.1.3. Principalele aplicații ale sistemelor LiDAR

Există o mare varietate de aplicații pentru LiDAR, principalele fiind enumerate mai jos, alte aplicații, clasate pe țările care le-au promovat și utilizat, sunt date de programele de date nationale lidar(National lidar dataset), a se consulta referința bibliografică[49].

- **Agricultură[50-52].** Roboții agricoli dotați cu sisteme LiDAR sunt folosiți pentru o mare varietate de scopuri în agricultură, ca de exemplu:
  - ✓ Stabilirea modului, a densității și a dispersiei de semințe în procesul de însămânțare,
  - ✓ Stabilirea modului, a densității și a dispersiei de îngrășăminte, mai ales a zonelor unde trebuie aplicate îngrășăminte costisitoare,
  - ✓ Utilizarea de tehnici de detectare, și cercetarea a recoltelor în acțiunea de combatere a buruienilor,
  - ✓ Crearea de hărți topografice a terenurilor agricole, incluzând stabilirea versanților cât și expunerea la soare a terenurilor agricole.
  - ✓ Utilizarea datelor topografice cu rezultatele obținute de pe terenurile agricole din anii precedenți, pentru a clasifica terenurile în zone cu randament ridicat, mediu sau redus, prin această acțiune optimizându-se procesul de ameliorarea solurilor prin aplicarea de îngrășăminte pentru a maximiza randamentul producțiilor agricole,
  - ✓ Monitoriza insectele din câmp. LiDARul poate detecta mișcarea și comportamentul individual al insectelor zburătoare, cu identificarea în funcție de sex și specie,
  - ✓ Cartografierea culturilor în livezi și podgorii, pentru a detecta dezvoltarea plantelor și nevoia de tăiere sau întreținere,
  - ✓ Detectarea producției de fructe în
  - ✓ Efectuarea inventarului plantelor pe categorii,
  - ✓ Lidar este util în situațiile în care sistemele GNSS nu pot opera, cum ar fi livezile, unde frunzișul blochează semnalele GPS la echipamentele agricole de precizie sau la tractoarele fără șofer. Senzorii Lidar pot detecta marginile rândurilor, astfel încât echipamentele agricole să poată continua mișcarea până la restabilirea semnalului GPS.
- **Arheologie[53-72].** LiDARul are multe utilizări în arheologie, deoarece poate produce seturi de date de înaltă rezoluție rapid și ieftin. Produsele derivate din Lidar pot fi ușor integrate într-un Sistem de Informații Geografice (GIS) pentru analiză și interpretare, principalele aplicații sunt prezentate în continuare:
  - ✓ Planificarea campaniilor arheologice de teren,
  - ✓ Stabilirea caracteristicilor de cartografiere în zone forestiere,
  - ✓ Formarea imaginii de ansamblu a unor caracteristici largi și continue, nedistinguibile la nivelul solului,
  - ✓ Crearea de modele de înaltă rezoluție digitală (DEM) de situri arheologice care pot dezvălui micro-topografia care este ascunsă de vegetație,
  - ✓ Intensitatea semnalului lidar returnat poate fi utilizată pentru a detecta caracteristici îngropate pe suprafețe vegetate plane, cum ar fi câmpurile arheologice în special atunci când se face o cartografiere folosind spectrul infraroșu. Astfel, pot fi descoperite vestigii, așezări umane, obiecte care nu pot fi detectate cu ochiul liber sau cu alte mijloace convenționale.

- **Fusion of 3-D LiDAR and color camera**(Fuziunea de LiDAR 3-D și camera color)[73-79] pentru detectarea și urmărirea mai multor obiecte. Cadrul propus în această metodă de către Soonmin Hwang și colab., [73] este împărțit în patru etape:
  - ✓ **Etapa 1.** Se introduc în sistem datele preluate de cameră și lidarul 3-D, imaginea color a camerei este calibrată cu lidarul, eșantionarea orizontală în 3-D este folosită ca preprocesare.
  - ✓ **Etapa a 2-a.** Etapa de segmentare este aceea în care norul de punctele 3-D este împărțit în mai multe grupuri, raportate la distanță de la senzor și planurile locale, etapizate de la planul apropiat la planul îndepărtat. Grupul de puncte mai aproape de senzor sunt utilizate pentru a calcula planul inițial. Folosind planul local curent, următorul plan local este estimat printr-o actualizare iterativă. Propunerile de obiect din imaginea 2-D sunt utilizate pentru a separa obiectele în prim-planul de fundal. În acest fel obiectele de prim plan și cele de fundal sunt separate. Clustering-ul se face folosind algoritmul DBSCAN (Density-Spatial Clustering of Applications with Noise)[74,75]. Utilizând punctele 3-D grupate, adică segmentul 3-D, sunt generate regiuni de interese mai precise (ROI) prin proiectarea punctelor 3-D pe imaginea 2-D.
  - ✓ **Etapa a 3-a.** Faza de detectare, care este împărțită în general în două părți. În primul rând, sunt detectate obiecte în imaginea 2-D, care se realizează folosind Fast R-CNN[76,79], deoarece această metodă are în vedere o imagine și mai multe regiuni de interes. Al doilea pas este detectarea obiectelor în spațiul 3-D, care se realizează folosind metoda de imagine rotativă[77]. Această metodă extrage histograme locale și globale pentru a reprezenta un anumit obiect. Pentru a îmbina rezultatele imaginii 2-D și detectarea obiectelor spațiale 3-D, este considerată aceeași regiune 3-D și două clasificatoare independente. Calibrarea scorurilor[78] se face pentru a obține un singur scor de încredere de la ambele detectoare. Acest punctaj unic este obținut sub formă de probabilitate.
  - ✓ **Etapa a 4-a.** Ultimul pas este urmărirea. Aceasta se realizează prin asocierea obiectelor în mișcare în cadrul prezent și trecut. Pentru urmărirea obiectelor, se adoptă potrivirea segmentelor. Se calculează caracteristici precum media, abaterea standard, histogramele de culoare cuantificate, dimensiunea volumului și numărul de puncte 3-D ale unui segment. Distanța euclidiană este utilizată pentru a măsura diferențele între segmente. Pentru a judeca aspectul unui obiect, se iau segmente similare (obținute pe baza distanței euclidiene) din două cadre diferite și se calculează scorurile distanței fizice și ale similarității. Dacă scorurile depășesc un interval pentru fiecare segment din cadrul precedent, obiectul urmărit este considerat că a dispărut.
- **Biologie, ecologie și conservarea mediului ambiant**[80-87]. Sunt multiple aplicațiile LiDAR în aceste domenii. În primul rând, stabilirea detaliilor de interes în acțiunile de protejare a pădurilor, de la analiza înălțimii copacilor, a gradului de infestare cu dăunători, la stabilirea gradului de creștere anuală a masei verzi, măsurători ale biomasei, etc. Hărțile topografice pot fi, de asemenea, generate cu ușurință din lidar, inclusiv pentru uz recreativ, cum ar fi în producerea hărților de orientare turistică[80-82]. Imagistica Lidar poate fi utilizată și în analiza calității drumurilor forestiere, a accesibilității în zonele silvice, studii hidrografice, analiza gradului de acoperire a terenului și a naturii, pe zone, a acestora.[83-84]. Analiza structurii vegetației este un factor determinant primar al calității habitatului deoarece acest aspect este cel care definește distribuția și abundența componentelor critice ale habitatului, cum ar fi hrana, siturile de cuibărire și adăpost, acoperire împotriva prădării și camuflaj.[85-87].
- **Geologie și știința solului**[88-92]. Hărțile elaborate prin ridicarea digitală de înaltă rezoluție realizată cu de LiDARul aerian și staționar au dus la progrese semnificative în geomorfologie[88]. LiDARul este, de asemenea, utilizat în geologia structurală și geofizică, ca o combinație întreLiDARul aerian și GPS.[89]. Producția celor două tehnologii poate produce modele de altitudine extrem de precise pentru teren - modele care pot chiar măsura altitudinea solului printre copaci, în zonele silvice[89,90]. Sistemele LiDAR aeriene pot monitoriza ghețarii și au capacitatea de a detecta modificări în structura acestora de volum, grosime strat, etc. Programul satelitar NASA ICESat,[91] include un subsistem LiDAR în acest



scop. ICESat (Ice, Cloud, and land Elevation Satellite) a fost misiunea Sistemului de Observare a Pământului (2003-2009) de referință pentru măsurarea echilibrului de masă al straturilor de gheață, pentru zonele permanent înghețat Groenlanda și Antarctica, a înălțimii norilor, în special pentru norii stratosferici comuni peste zonele polare și analiza aerosolilor, precum și a topografiei și caracteristicilor vegetației. De asemenea, NASA Airborne Topographic Mapper [88, 92] este utilizată pe scară largă pentru a monitoriza ghețarii și pentru a efectua analize ale schimbărilor costiere.

- **Meteorologie, studiul atmosferei terestre** [93-100]. LiDARul pentru aplicații meteorologice reprezintă una dintre primele aplicații ale tehnologiei cu laser fiind utilizat pentru a efectua o serie de măsurători care includ stabilirea profilului norilor, studierea aerosolilor și cuantificarea diverselor componente atmosferice. Componentele atmosferice pot furniza, la rândul lor, informații utile, inclusiv presiunea de suprafață (prin măsurarea absorbției de oxigen sau azot), emisiile de gaze cu efect de seră (dioxid de carbon și metan), fotosinteză (dioxid de carbon), incendii (monoxid de carbon) și umiditate (vapori de apă). Differential absorption lidar meteorologic operează în toate cele trei componente, respectiv preluare de date de la sol, în aer sau din satelit, în funcție de tipul de măsurare. În aplicațiile de măsurare a vaporilor de apă, temperaturii și presiunii, se utilizează tehnici LiDAR de absorbție diferențială (Differential Absorption Lidar-DIAL), care utilizează cel puțin două lungimi de undă. Pentru măsurători ale vântului, investigațiile LiDAR utilizează, în general, deplasarea Doppler a luminii cu laser refractată de aerosoli, iar pentru aplicațiile cu senzori LiDAR montați pe platforme aeriene s-a dezvoltat un LiDAR cu impulsuri reduse de CO<sub>2</sub>-Doppler. În spectrul vizibil cu lungimi de undă aproape de infraroșu, distribuția spațială a aerosolului și a norilor poate fi obținută din LiDAR, iar aceste informații pot ajuta la determinarea parametrilor atmosferici precum distribuțiile înălțimii straturilor atmosferice și înălțimea norilor. JEM-EUSO Atmospheric Monitoring System, cel mai nou sistem din domeniu, este proiectat pentru a fi atașat la modulul experimental japonez (JEM / EF) al Stației Spațiale Internaționale (ISS), orbitând în jurul Pământului la fiecare 90 de minute la o altitudine de aproximativ 400 km.

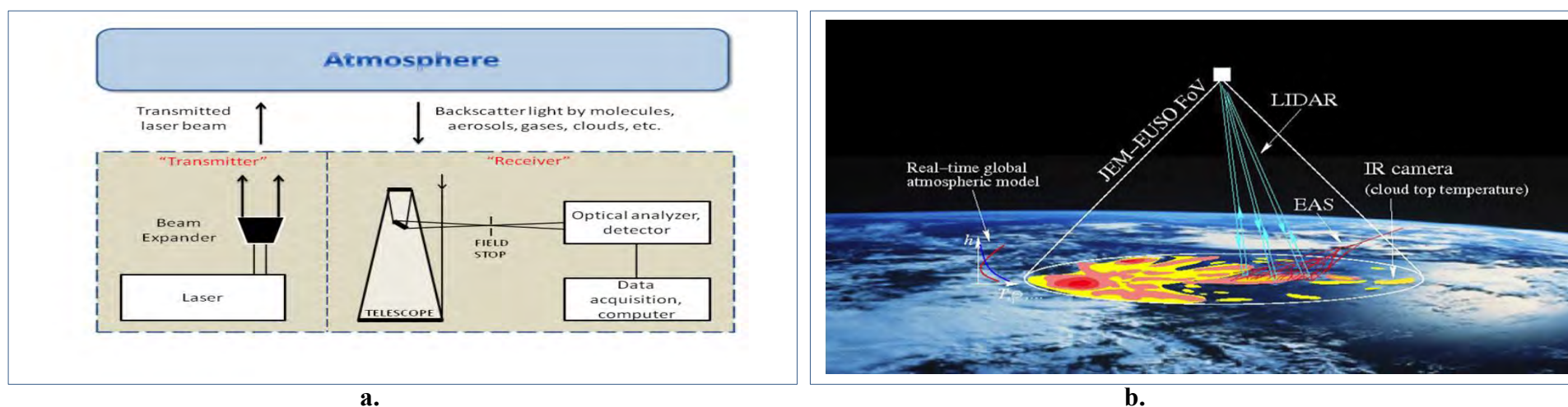
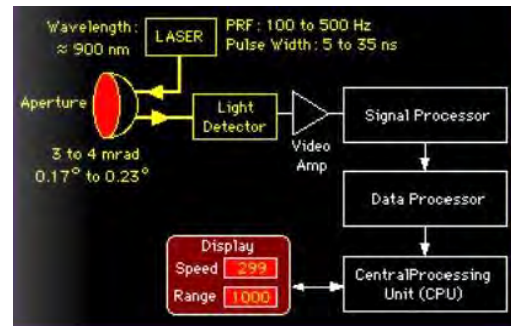


Figura 4.5. a. Principiul de funcționare a LiDARului atmosferic [99], b. Prezentare generală a sistemului de monitorizare atmosferică JEM-EUSO [100]

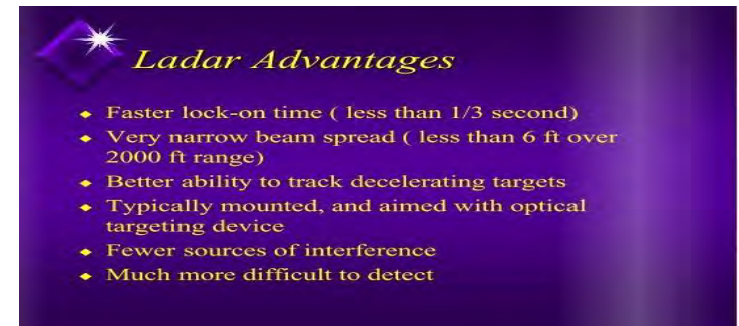
- **Domeniul Militar**[101-107]. Puține dintre aplicațiile militare ale LiDARului sunt cunoscute și sunt clasificate, adică au caracter public. Printre acestea pot fi enumerate următoarele:
  - ✓ Măsurarea vitezei rachetelor de croazieră nucleare, de exemplu racheta AGM-129 ACM(Figura 4.6.a.),
  - ✓ Sisteme LiDAR de mare rezoluție pot colecta suficiente detalii pentru identificarea țintelor, cum ar fi de exemplu rezervoarele,
  - ✓ Sisteme aeriene de detectare a minelor cu laser(Airborne Laser Mine Detection System-ALMDS) în caz de apărare contra-mine,
  - ✓ Un raport NATO (RTO-TR-SET-098) a evaluat potențialele tehnologii posibil utilizabile într-un eventual război biologic. Tehnologiile potențiale evaluate au fost: infraroșii cu undă lungă (LWIR), dispersia diferențială (DISC) și fluorescența indusă cu laser ultraviolete (UV-LIF). Lidar spectrometric compact cu rază scurtă bazat pe fluorescență indusă prin laser (LIF) ar aborda prezența bio-amenințărilor sub formă de aerosoli pe locurile critice interioare, semi-închise și în aer liber, cum ar fi stadioane, metrou și aeroporturi. Această capacitate, aproape în timp real, ar permite detectarea rapidă a unei degajări de bioaerosol și ar permite implementarea în timp util a măsurilor pentru protejarea ocupanților și minimizarea gradului de contaminare. Sistemul de detecție biologică pe distanțe lungi (LR-BSDS) a fost dezvoltat pentru armata Statelor Unite pentru a oferi cea mai curând posibil avertizare în caz de atac biologic. Este un sistem aerian transportat de un elicopter pentru a detecta nori sintetici de aerosoli care conțin agenți biologici și chimici pe distanțe lungi. Aplicațiile militare sunt foarte similare cu cele comerciale, dar în acest caz, numele LaDAR este mai frecvent. Sistemele LADAR (LAsER Detection And Ranging) folosesc lumina pentru a determina distanța LiDAR-Obiect. Deoarece viteza luminii este binecunoscută, LADAR poate utiliza un laser cu impulsuri scurte pentru a ilumina o țintă și apoi se permite o vizualizare 3D a obiectului în cauză. Aceasta oferă o recunoaștere pe distanțe lungi, cu o fidelitate mai mare și astfel o gamă de recunoaștere mai mare decât alte tehnologii. Capacitatea LiDAR / LaDARs de a face diferența între distanțe, combinate cu algoritmi complexi permit roboților să identifice terenul cu grad de acoperire cu obiecte care s-ar afla în calea unui vehicul care survolează o zonă. Acest tip de autonomie este util atât în UAV-uri cât și în robotica autonomă pentru sarcini specifice, precum unitățile de eliminare a bombelor, de exemplu alte vehicule fără pilot, avioane sau elicoptere.



a.



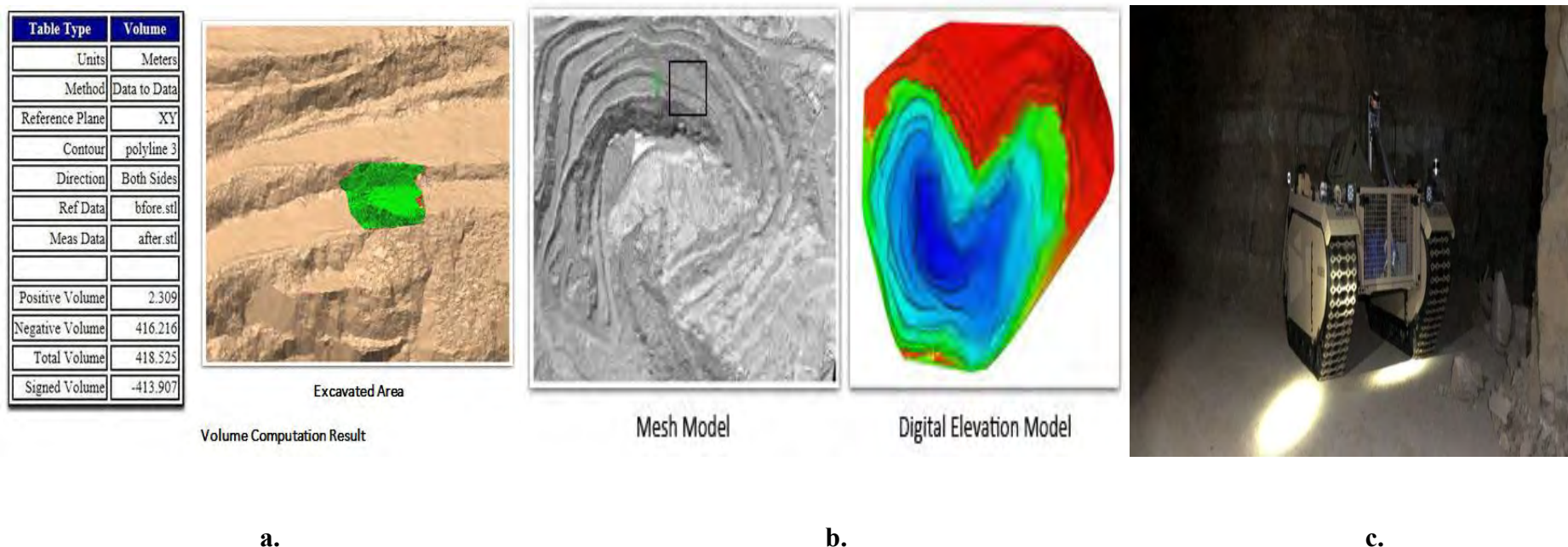
b.



c.

Figura 4.6. Utilizări LiDAR-LADAR în domeniul militar, a. Rachetă strategică de croazieră produsă de General Dynamics AGM-129 ACM[101], b. Principiul LADAR Technologies[108], c. Avantajele tehnologiei LADAR[108]

- **Minerit**[108-113]. LiDARul are mai multe utilizări în domeniul extracției mineralelor utile, dintre care menționez:
  - ✓ Calculul volumelor de minereu, care se realizează prin scanarea periodică (lunară) în zonele de extragere a minereului, apoi prin compararea datelor între scanarea curentă și cea anterioară se pot stabili volumele excavate.
  - ✓ Detectarea obstacolelor și dirijarea circulației vehiculelor miniere robotizate,
  - ✓ Cartografierea complete a zonelor exploatate,
  - ✓ Asigurarea inspecției minelor nesigure de către vehicule robotizate, în zone în care accesul uman nu mai poate fi admis,
  - ✓ Explorarea și evaluarea resurselor,
  - ✓ Proiectarea și realizarea construcțiilor, instalațiilor și a infrastructurii miniere,
  - ✓ Determinarea volumelor de corp, minereuri și goluri pentru minereuri pentru planificarea minelor,
  - ✓ Determinarea periodică a volumelor de suprafață de groapă, bancă, pre-strip și stricare pentru auditul plăților către contractanții de lucrări de pământ,
  - ✓ Determinarea periodică a volumelor de stocuri în scopuri de inventar și contabilitate,
  - ✓ Planificare de mediu, monitorizare și raportare pentru operațiunea minieră și regiunea vecină.



**Figura 4.6. Utilizări LiDAR-LADAR în domeniul minier, a. Rezultatul comparării scanărilor successive, în calculul volumelor de minereu excavate[108], b. Principiul LADAR Technologies[108], c. Vehicul autonom care operează cu tehnologie LADAR în subteran[108]**

- **Fizică și astronomie**[114-118]. Supravegherea Lunii, măsurarea de distanțe Pământ-Lună cu precizie milimetrică și teste de relativitate generală se face în prezent cu o rețea mondială de observatoare LiDAR. Studiul planetei Marte se face cu MOLA(Mars Orbiting Laser Altimeter), instrument LiDAR montat pe un satelit orbitant la această planetă în cadrul proiectului NASA Mars Global Surveyor. În septembrie 2008, NASA Phoenix Lander a folosit LiDAR pentru a detecta zăpada în atmosfera de pe Marte[114]. În fizica atmosferică, LiDARul este utilizat ca instrument de detecție la distanță pentru a măsura densitățile anumitor constituenți ai atmosferei medii și superioare, cum ar fi potasiu, sodiu sau azot molecular și oxigen. Aceste măsurători pot fi utilizate pentru calcularea temperaturilor straturilor atmosferice și a altor caracteristici ale acestora. LiDAR poate fi de asemenea utilizat pentru a măsura viteza vântului și pentru a furniza informații despre distribuția verticală a particulelor de aerosoli[115]. La instalația de cercetare a fuziunii nucleare JET, din Abingdon, Marea Britanie, LiDAR Thomson Scattering este utilizat pentru a determina profilurile de densitate și temperatură în electronii ai plasmei[116]. LiDARul Purple Crow al Universității din Western Ontario, Canada, este un radar cu laser care emite impulsuri de lumină foarte puternice care se împrăștie pe moleculele de aer. Lumina reflectată este colectată de un telescop format prin rotirea mercurului lichid la 10 RPM într-un recipient cu diametrul de 2,65 m, practic oglinzi lichide, tehnologie inovatoare efectuată la Universitatea Laval din Québec, Canada. Măsurătorile pot determina densitatea aerului, presiunea, temperatura și vaporii de apă. Aceste măsurători vor fi utilizate pentru a cerceta privind încălzirea globală și efectuarea de prognoze meteo[117]. Studii privind arderea în atmosfera superioară(între 80 și 120 km.) terestră a meteoriților, aceștia în urma topirii prin ardere lăsa în urmă particule de ioni, atomi, molecule și praf. Folosind rezonanța LiDAR poate fi detectată prezența unui meteorit în atmosfera terestră cât și compoziția acestuia[118].
- **Topografie, ridicări topografice**[119-121]. Senzorii LiDAR transportați de autovehicule special echipate sunt folosiți pentru a crea modele ale suprafețelor reale terestre, respectiv DTM (Digital Terrain Model) sau DEM (Digital Elevation Model), ameliorând precizia obținută din aer prin ridicări efectuate cu sisteme UAV sau cu diferite avioane, elicoptere, etc. sau efectuând ridicări în zone invizibile din aceste vehicule care operează de la diferite altitudini, cum ar fi zonele împădurite sau foarte aglomerate[120]. LiDARul este de asemenea utilizat în topografia hidrografică, acesta putând măsura la adâncimi de la 0,9 m la 40 m cu o precizie verticală de 15 cm și o precizie orizontală de 2,5 m. în funcție de claritatea apei[121]. Senzorii LiDAR au și alte aplicații, prin furnizarea de planuri topografice, DTM (Digital Terrain Model) sau DEM (Digital Elevation Model), cum ar fi:
  - ✓ Supraveghere și mapare pentru inventare rutiere urbane,
  - ✓ Monitorizarea infrastructurii,
  - ✓ Managementul trotuarelor,
  - ✓ Verificarea stării suprafeței drumului, fisuri și găuri rutiere, banzi de marcaje, etc.
  - ✓ Evaluări ale conductelor și maparea utilităților,
  - ✓ Monitorizarea investițiilor,
  - ✓ Monitorizare și risc de management al structurilor,
  - ✓ Supraveghere și mapare pentru secțiuni transversale, modele 3D și analize volumetrice,
  - ✓ Evaluări de patrimoniu,
  - ✓ Cartografierea autostrăzilor, cartografierea infrastructurii în general,
  - ✓ Monitorizarea geohazard urbane,

- ✓ Gestionarea activelor de cale ferată,
- ✓ Diverse aplicații în Smart City,
- ✓ Cartografierea subteranului, rețele magistrale, conducte, cabluri, etc.



a.



b.

**Figura 4.7. Utilizări LiDAR în Smart City, a. Modelul 3D Smart City Helsinki[123], b. Aplicație LiDAR în analiza monitorizării consumului de energie, Smart City în Barcelona[124],**

#### 4.2.2. Radarul utilizat ca senzor activ[122-150]

##### 4.2.2.1. Definirea conceptului. Noțiuni generale

RADAR („RADio Detection And Ranging”) transmite impulsuri de radiații electromagnetice cu microunde și poate fi clasificat drept „senzor activ” deoarece măsoară timpul dintre impulsuri și componentele lor reflectate pentru a determina diferite distanțe. Intervale de impuls diferite, lungimi de undă diferite, geometrie și polarizări diferite pot fi combinate cu caracteristicile de rugozitate ale suprafeței pământului. Lungimile de undă ale radarului variază între mai puțin de 1 milimetru și 1 metru. În consecință, radarul folosește lungimi de undă relativ lungi, ceea ce permite acestor sisteme să opereze prin nori, fum și anumite vegetații. De asemenea, fiind un sistem activ, acesta poate opera atât ziua cât și noaptea. Spre deosebire de datele obținute prin tehnici ce utilizează infraroșu care ne ajută să identificăm diferite minerale sau tipuri de vegetație de la lumina soarelui reflectată, radarul arată doar diferența de rugozitate a suprafețelor și geometria și conținutul de umiditate al solului.

Radarul a fost dezvoltat inițial în anii '50, primul sistem aerian a fost numit SLAR (Side-Looking Airborne Radar) și a fost utilizat pentru îmbunătățirea rezoluției pentru recunoaștere militară, aceste sistemele radar aeriene erau limitate de dimensiunea fizică a antenei care prin lățimea sa fixă trimite un impuls și simultan măsoară ceea ce se este reflectat înapoi. Rezoluție sistemului este determinată de lungimea de undă și dimensiunea antenei, cu cât este lățimea mai îngustă a antenei cu atât rezoluția este mai mare). Mai târziu, SAR (Synthetic Aperture Radar), a fost dezvoltat și a fost utilizat pe scară largă în multe țări pentru aplicații civile, această configurație nu depinde de dimensiunea antenei, dar pentru a obține o rezoluție mai mare, componentele antenei receptoare și componentele emițătorului trebuie să fie separate. Ambele aceste tipuri de radar de început sunt pentru imagistică.



a.

b.

c.

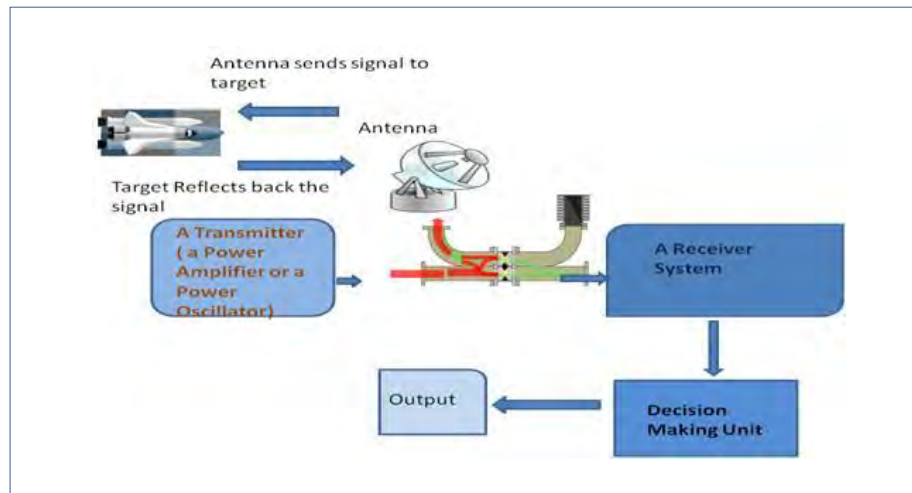
**Figura 4.8. Radar de tip SLAR și SAR, a. San Francisco în anii 1950, imagine achiziționată de un sistem SLAR timpuriu[125], b. Deosebirea dintre o fotografie color(stânga) și o imagine procesată pe baza datelor obținute prin sistemul Radar(dreapta)[126, 127], c. Deosebirea dintre o fotografie color-Valea Morții, SUA(stânga) și Radar Derived DEM (Digital Elevation Model) elaborate pe baza datelor obținute cu un system Radar(dreapta)[128, 129]**

Imaginile obținute prin sistemele Radar prezintă suprafețe care resping impulsul radarului (numit „backscatter”), zonele luminoase sunt reflectoare puternice (cum ar fi clădirile dintr-o zonă urbană sau un câmp mai fertile din deșert), în timp ce părțile întunecate ale imaginii reprezintă suprafețe care reflectă foarte puțină energie sau deloc (cum ar fi un lac înghețat sau o peliculă de petrol din ocean). Cantitatea de backscatter variază în funcție de unghiul de incidență, rugozitatea suprafeței și umiditatea solului (în funcție de lungimea de undă). O suprafață netedă acționează ca o oglindă atunci când unghiul este mic, dar cu unghiuri mai mari de 20 de grade, cantitatea de retragere scade brusc, deoarece semnalul răspunde de pe suprafață departe de antenă. La unghiuri abrupte (unghiul de incidență mai mic de 20 de grade), cea mai mare parte a pulsului emis este împrăștiat în direcții aleatorii, astfel încât retractorul total măsurat de antenă este mai mic decât de la o suprafață netedă în același unghi. Modificând unghiul de incidență și comparând modul în care se schimbă imaginile preluate cu unghiuri diferite, este posibilă cartografierea diferitelor tipuri de suprafețe (cum ar fi lava unei erupții vulcanice)[130,131].

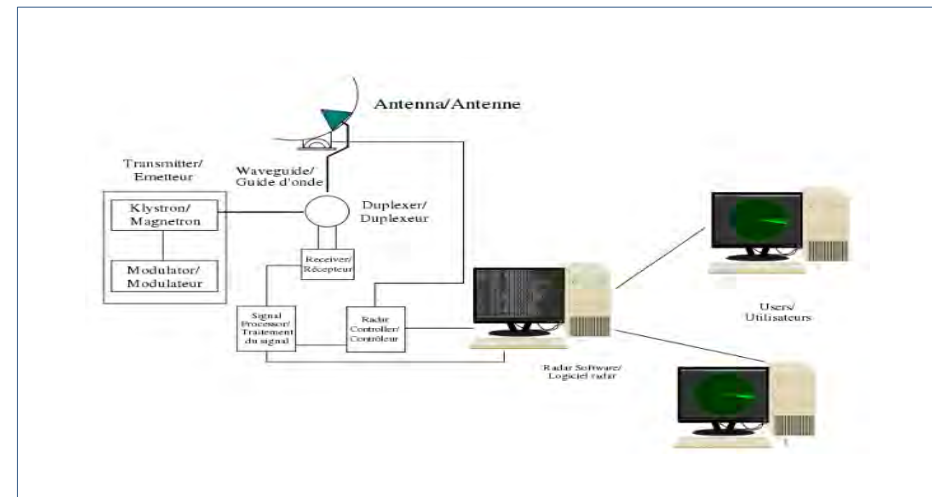
#### 4.2.2.2. Componentele sistemelor Radar

Un sistem de bază Radar are în componență 6 părți majore și 3 părți accesorii[132-138]:

- **Un emițător(Transmitter):** Poate fi un amplificator de putere ca, de exemplu, un Klystron, un Travelling Wave Tube sau un oscilator de putere ca un Magnetron. Semnalul este mai întâi generat cu ajutorul unui generator de formă de undă și apoi amplificat în amplificatorul de putere.
- **Ghiduri de undă(Waveguides):** Ghidurile de undă sunt linii de transmisie pentru transmiterea semnalelor Radar.
- **Antena(Antenna):** Antena folosită poate fi un reflector parabolic, tablouri plane sau tablouri pe etape direcționate electronic.
- **Duplexer:** Un duplexer permite utilizarea antenei ca emițător sau receptor. Poate fi un dispozitiv gazos care ar produce un scurtcircuit la intrarea către receptor atunci când transmițătorul lucrează.
- **Receptor(Receiver):** Poate fi un receptor super heterodin sau orice alt receptor care constă dintr-un procesor care prelucrează semnalul și îl detectează.
- **Decizia de prag(Threshold Decision):** Ieșirea receptorului este comparată cu un prag pentru a detecta prezența oricărui obiect.
- **Un procesor de afișare** pentru a produce semnale pentru dispozitivele de ieșire care pot fi citite de operator.
- **O secțiune electronică** care controlează toate dispozitivele menționate și antena pentru a efectua scanarea radar comandată de software.
- **O legătură** către dispozitivele și afișajele utilizatorului final.



a.



b.

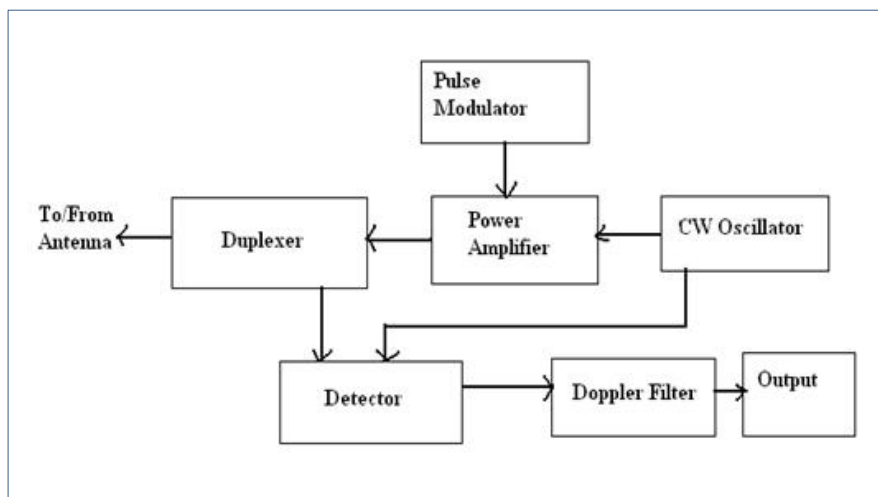
Figura 4.9. a. Componentele principale ale Radar[132], b. Componentele Radar în detaliu[133-138]

#### 4.2.2.3. Principale categorii de Radar, raportat la principiile de funcționare[132,139]

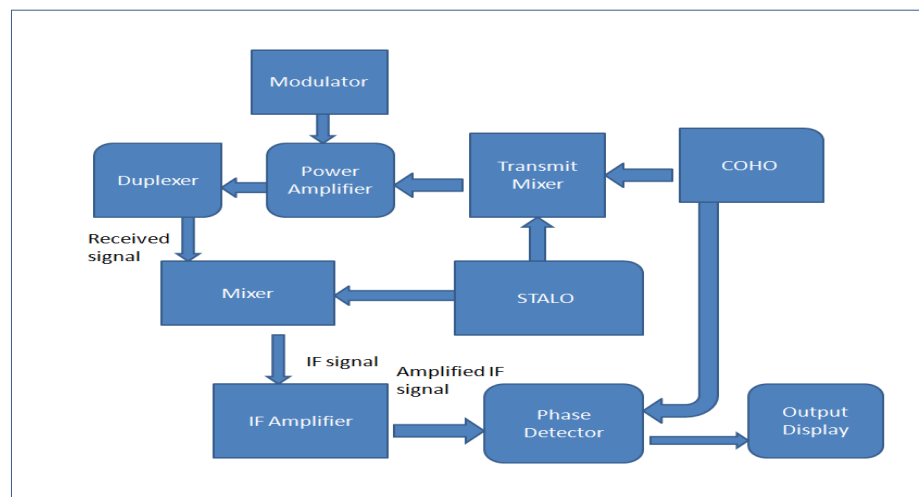
##### A. Pulsed RADAR(Radar cu impulsuri)

Pulsed RADAR funcționează pe principiul Doppler. Instrumentul trimite impulsuri de mare putere și frecvență înaltă către obiectul țintă. Înainte de a trimite un alt impuls așteaptă să fie recepționat semnalul ecou de la obiect. Intervalul și rezoluția RADAR depind de frecvența de repetare a impulsului. Principiul RADAR de detectare a obiectelor în mișcare folosind principiul Doppler funcționează astfel încât semnalele ecou de la obiecte staționare sunt în aceeași fază și, prin urmare sunt anulate, în timp ce semnalele ecou de la obiectele în mișcare vor avea unele modificări în fază. Două tipuri de RADAR cu impulsuri sunt:

- Pulsed Doppler RADAR:** Semnalul transmis și semnalul ecou primit sunt amestecate într-un detector pentru a obține schimbarea Doppler și semnalul de diferență este filtrat folosind un filtru Doppler unde semnalele nedorite sunt respinse.
- Moving Target Indicator RADAR(MTI RADAR-Indicatorul de țintă în mișcare Radar):** Într-un sistem MTI RADAR, semnalele de ecou primite de la obiect sunt direcționate către mixer, unde sunt amestecate cu semnalul de la un oscilator local stabil (STable Local Oscillator STALO) pentru a produce semnalul IF. În domeniul ingineriei de comunicații o frecvență intermediară (Intermediate Frequency-IF) este o frecvență la care o undă purtătoare este deplasată ca pas intermediar în transmisie sau recepție. Acest semnal IF este amplificat și apoi dat detectorului de fază unde faza lui este comparată cu faza semnalului de la Oscilatorul Coerent (COHerent Oscillator-COHO) și se produce semnalul de diferență. Semnalul coerent are aceeași fază ca semnalul emițătorului. Semnalul coerent și semnalul STALO sunt amestecate și date amplificatorului de putere care este pornit și oprit cu ajutorul modulatorului de impuls.



a.



b.

Figura 4.10. Componentele principale Pulsed RADAR [132], a. Pulsed Doppler RADAR, b. MTI RADAR by Edgefx Kits



**B. Continuous Wave RADAR(CW RADAR-RADAR cu undă continuă)**

Continuous Wave RADAR nu măsoară intervalul țintei, ci mai degrabă viteza de modificare a intervalului prin măsurarea deplasării Doppler a semnalului de retur. Într-un CW RADAR este emisă radiație electromagnetică în loc de impulsuri. Este practic utilizat pentru măsurarea vitezei. Semnalul RF(Radio Frequency) și semnalul IF(Intermediate Frequency) sunt amestecate în mixer pentru a genera frecvența oscilatorului local. Semnalul RF este semnalul transmis, iar semnalul primit de antena Radar este format din frecvența RF plus frecvența de deplasare Doppler. Semnalul primit este amestecat cu frecvența oscilatorului local în a doua etapă a amestecului pentru a genera semnalul de frecvență IF. Acest semnal este amplificat și dat la al treilea stadiu de amestec, unde este amestecat cu semnalul IF pentru a obține semnalul cu frecvență Doppler. Această frecvență Doppler sau deplasarea Doppler oferă viteza de modificare a intervalului țintei și astfel se măsoară viteza țintei.

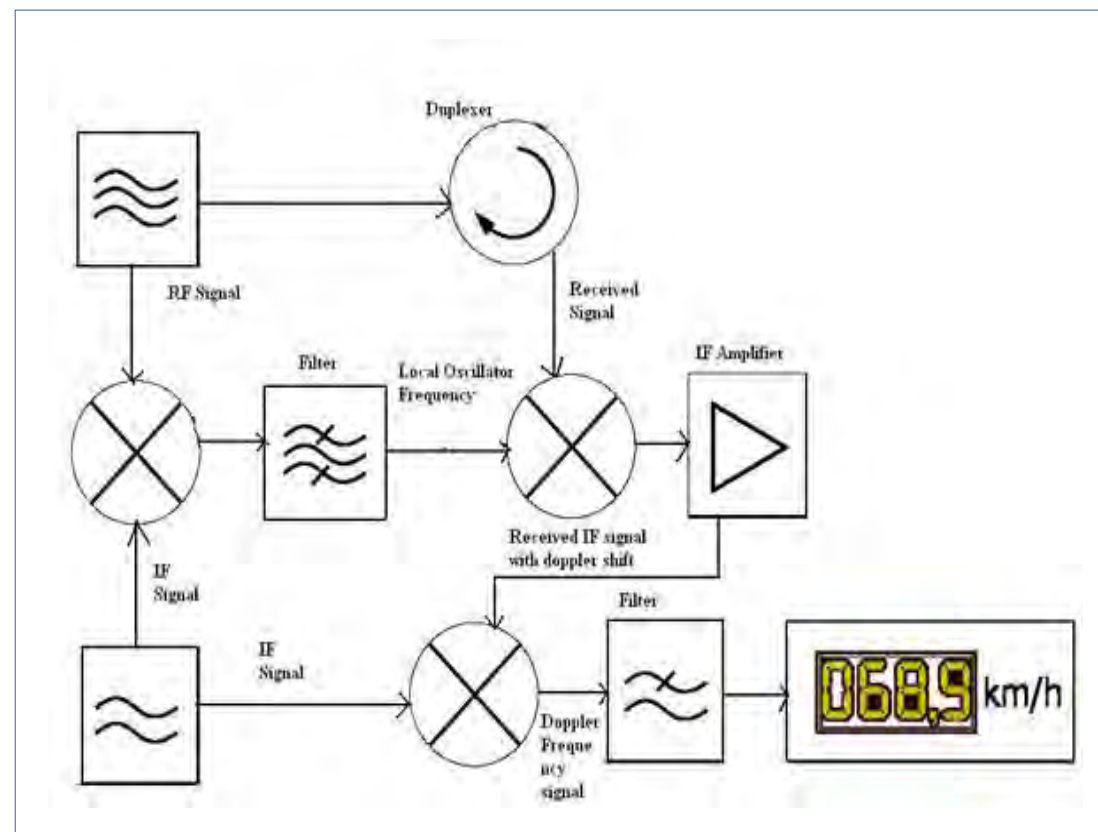


Figura 4.11. Componentele principale CW RADAR(Block Diagram Showing CW RADAR)[132,139]

#### 4.2.2.4. Principalele aplicații ale sistemelor Radar

Există cinci aplicații principale pentru Radar, enumerate mai jos:

1. Domeniul militar,
2. Controlul traficului aerian,
3. Teledetecție,
4. Controlul traficului rutier,
5. Cercetări spațiale.

##### 1. Aplicații ale Radarului în Domeniul militar[140-144]

Radarul are 3 aplicații majore în domeniul militar:

- În apărarea aeriană este utilizată pentru detectarea țintelor, recunoașterea țintei și dirijarea și controlul armelor (direcționarea armei către țintele urmărite),
- În sistemul de rachete pentru a ghida arma către țintă,
- Identificarea locațiilor inamice pe hartă.

Radarul a fost o tehnologie semnificativă încă din timpul celui de-al Doilea Război Mondial. În acea perioadă, Radarul s-a dovedit un instrument militar foarte important pentru localizarea amenințărilor și țintelor și furnizarea de avertismente privind poziția și direcția de înaintare a adversarului. În aceste situații funcționarea de bază a acestui sistem implică transmiterea unui semnal de înaltă frecvență (de obicei un semnal pulsant) către locația unei ținte analizate și primirea semnalelor reflectate de la aceasta. Prin efectuarea procesării semnalului pe aceste returnuri de radar, se pot extrage informații despre țintă, poziția și viteza acesteia. În aer, Lockheed Martin[141] a fost mult timp un dezvoltator inovator de sisteme Radar militare fiabile pentru supraveghere. Sistemul radar de recunoaștere tactică și contra-ascundere (TRACER) al companiei (Figura 4.12.a.) oferă o supraveghere eficientă pe termen lung a operațiunilor militare considerate suspecte cu ajutorul tehnologiei Synthetic-Aperture-Radar(SAR). Principiul de bază al SAR este de a utiliza date de la mai multe unde reflectate Radar pentru a forma imaginea echivalentă care ar fi produsă de o singură antenă cu deschidere mare. Informațiile de întârziere de la semnalele radar returnate sunt de asemenea convertite în informații dimensionale spațiale pentru a produce detalii suplimentare despre o țintă. Sistemul Radar TRACER funcționează cu benzi de frecvență UHF și VHF inferioare pentru a detecta eficient țintele prin frunziș. TRACER este un sistem de Radar cu bandă dublă (UHF și VHF), capabil să detecteze ținte printre frunzișul copacilor, precipitații și chiar furtuni de praf, oferind imagini tactice în timp real preluate de la sol. Utilizarea semnalelor UHF și VHF cu frecvență inferioară, cu lungime de undă mai lungă, comparativ cu semnalele cu frecvență mai mare în multe sisteme radar, permite detectarea prin folia densă. Semnalele radar în acest caz pot detecta vehicule, clădiri și obiecte metalice mari. TRACER dispune de o stație la sol portabilă care lucrează cu aparatura electronică aeriană pentru a colecta și prelucra date și a dezvolta imagini la sol precise. Sistemul TRACER este proiectat pentru a fi utilizat la distanțe mari, fie montat pe aeronavele cu echipaj, fie pe sisteme aeriene UAV. Sistemul radar de apărare anti-rachetă (Air and Missile Defense Radar-ANDR), AMDR AN / SPY-6 are sisteme radar cu bandă S și X fiind produs de Raytheon Co.[143], acesta fiind un sistem de Radar de apărare anti-rachetă de generație următoare, care încorporează subsistemele Radar cu frecvență multiplă la frecvențele cu bandă S și X. Pentru a fi instalate pe distrugătoarele cu rachete ghidate DDG 51 Navy începând

din 2016 (Figura 4.12.b.), sistemul încorporează receptoare și emițătoare împreună într-un ansamblu modular de radare compact (RMA) fiind stivuite împreună pentru a forma un sistem complet în conformitate cu cerințele de distanțare ale fiecărei nave navale. Se consideră că AN / SPY-6 AMDR furnizează date mai performante ca a sistemelor de radar navale existente atât ca raza de acțiune cât și ca sensibilitate a sistemului, utilizând o imagine digitală corespunzătoare și o prelucrare avansată a semnalului digital (DSP) pentru a obține îmbunătățiri ale performanței.



a.



b.



c.

**Figura 4.12. a. Lockheed Martin Tactical Reconnaissance and Counter-Concealment (TRACER) Radar system[140-142], b. AMDR AN / SPY-6 montat pe un vas de luptă [140,143,144], c. AMDR AN / SPY-6 este în prezent în producție la Compania americană Raytheon**

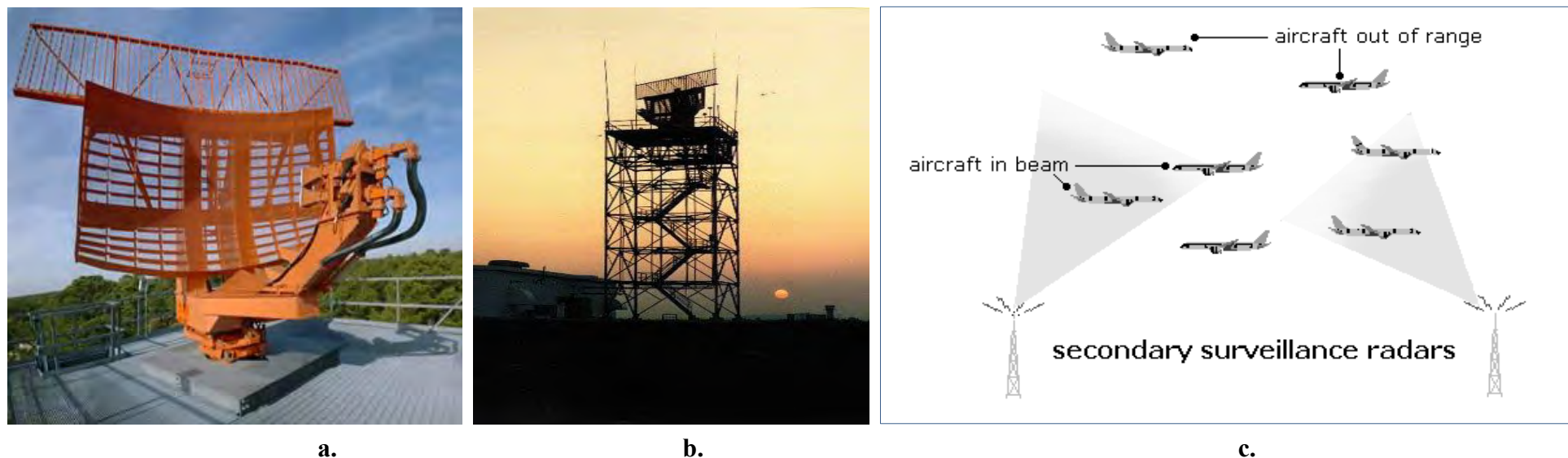
## 2. Aplicații ale Radarului în Controlul traficului aerian[145,146]

Radarul are 3 aplicații majore în controlul traficului aerian:

- Controlul traficului aerian din apropierea aeroporturilor, în acest caz fiind vorba de un Radar de supraveghere a aerului (Air Surveillance Radar) care este utilizat pentru a detecta și afișa poziția aeronavei raportată la terminalele aeroportului,
- Ghidarea aeronavelor la aterizare în condiții meteorologice nefavorabile, folosind Precision Approach Radar.
- Scanarea suprafeței aeroportului pentru a stabili pozițiile aeronavelor și ale vehiculelor de la sol.

Northrop Grumman ASR 9[145] este un sistem radar avansat, care a fost operațional în 135 de locații din SUA și a fost primul radar de supraveghere a unui aeroport care a afișat simultan atât starea vremii cât și date privind aeronavele de la sol și din aer. Prima instalare a început în 1989 și a fost finalizată în 1995. ASR 9 combină polarizarea circulară cu detectarea țintei în mișcare având un canal meteorologic separat care generează șase niveluri meteorologice, dintre care două pot fi selectate simultan de către controlor. Pentru detectarea țintelor mici în cazul unei aglomerații severe în zona aeroportului, ASR 9 folosește o antenă cu dublu fascicul, procesare digitală avansată, circuite sofisticate și un tracker de scanare. Sistemul este complet nesupravegheat, încorporând un sistem de întreținere și monitorizare de la distanță iar dacă apare o defecțiune, un test încorporat detectează și izolează problema, capacitate care poate fi controlată dintr-o instalație centrală.

ATCRBS(Air Traffic Control Radar Beacon System)[146], sistemul de control al traficului aerian, este un sistem radar de supraveghere secundar dezvoltat pentru raportarea mai precisă a poziției avioanelor. Este utilizat împreună cu radarul primar, care este utilizat pentru a determina prezența avioanelor în spațiul aerian. ATCRBS completează aceste informații pozitionale cu informații de identificare și altitudine, permițând controlorilor de trafic să urmărească fiecare avion mai precis și mai eficient. Dezvoltat încă din anul 1956, ATCRBS a fost primul sistem radar de supraveghere a rutei aeriene dezvoltat și achiziționat în scopul controlului traficului aerian. Tehnologia s-a bazat îndeaproape pe cea a sistemului IFF (Friend Friend sau Foe) al armatei. Sistemul IFF a fost dezvoltat și utilizat de forțele aeriene britanice în timpul celui de-al doilea război mondial în apărarea aeriană a insulelor britanice.

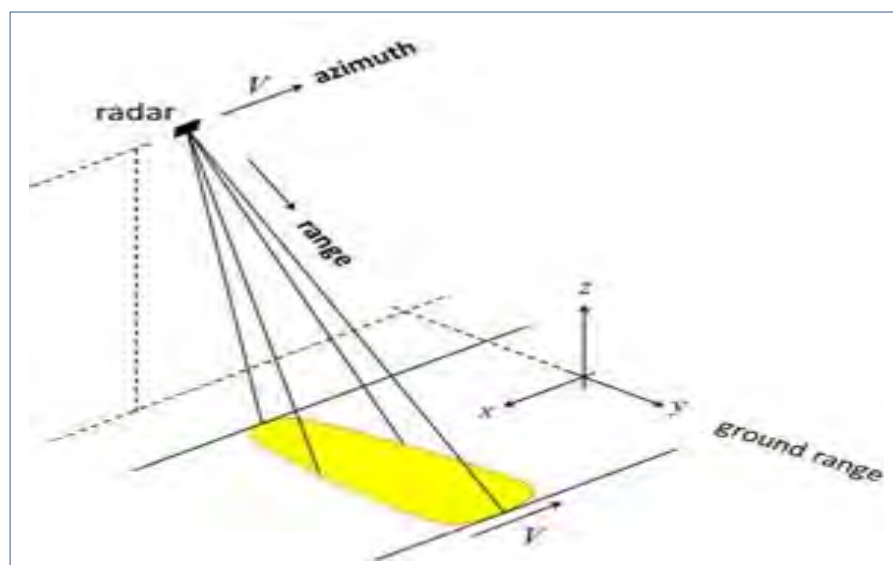


**Figura 4.13. a. Antena de supraveghere a traficului aerian ASR 9 Tower(© MIT Lincoln Laboratory)[145], b. ASR 9 Tower montată pe un turn în aeroport[145], c. Principiul de funcționare al Air Traffic Control Radar Beacon System (ATCRBS)[146]**

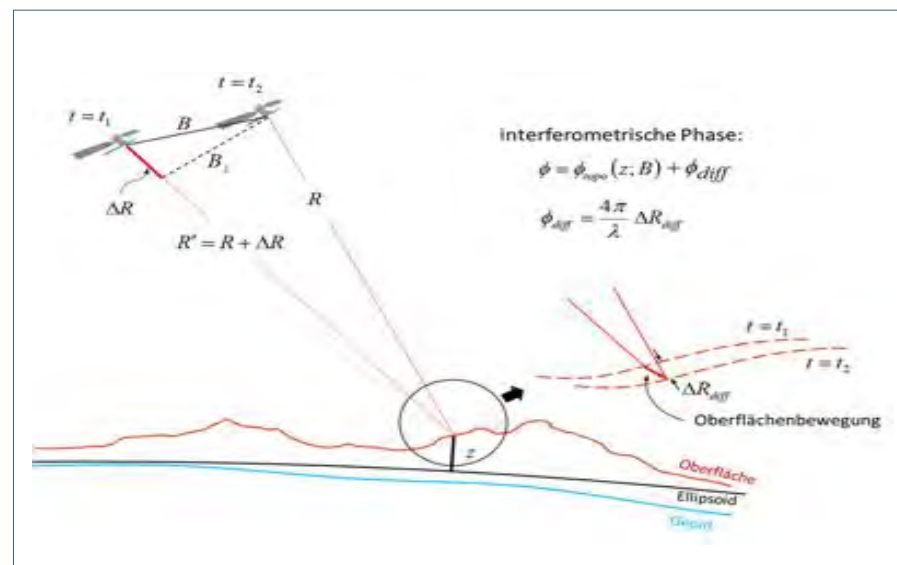
### 3. Aplicații ale Radarului în Teledetecție[147-150]

Principala aplicație a Radarului în Teledetecție este Synthetic Aperture Radar-SAR sistem amplasat pe un satelit care scanează suprafața Pământului cu ajutorul radiațiilor cu microunde. Antena SAR transmite impulsuri cu microunde și primește ecoul reflectat de la suprafață. Pe baza acestor răspunsuri se pot realiza imagini de înaltă rezoluție și se pot produce diferite date privind suprafețele scanate. Tehnologia SAR are mai multe caracteristici speciale în comparație cu alte metode de teledetecție. Pe de o parte, este posibilă observarea suprafeței Pământului chiar și în zilele înnorate și noaptea. Pe de altă parte, pot fi derivate variabile fizice, cum ar fi coeficientul de retragere sau diferențele de lungime a traseului în direcția de vizualizare a antenei SAR. Coeficientul de retragere depinde de proprietățile fizice ale suprafețelor observate. Principalele proprietăți sunt rugozitatea suprafeței, geometria și

proprietățile dielectrice, afectate în principal de umiditatea suprafeței. O altă caracteristică importantă a teledetecției radar este adâncimea de penetrare, respectiv penetrarea sedimentelor și vegetației libere în raport cu lungimea de undă folosită. Pentru teledetecția geoscientifică, măsurarea rugozității suprafeței este un parametru important și, prin urmare, este utilizată împreună cu tehnici de teledetecție optică. Capacitatea de a pătrunde prin sedimente libere este un parametru important pentru cartografierea structurilor tectonice. Capacitatea de a pătrunde prin vegetație este o caracteristică importantă pentru cartografierea geologică și tectonică. Recunoașterea obiectelor bazate pe date radar este de o importanță deosebită pentru aplicațiile geoscientifice din regiunile cu frecvențe diferite acoperiri. De exemplu, detectarea modificărilor de suprafață cu rezoluție temporală ridicată, printre altele în contextul geohazardurilor sau monitorizarea activităților miniere ilegale.. Determinarea diferențelor relative de lungime a vizei se bazează pe superpoziția fazei a două imagini SAR (Figura 4.14.a.). Această așa-numită „fază interferometrică” poate fi folosită pentru a obține un model digital de ridicare sau pentru a monitoriza deplasările de suprafață în timp (Figura 4.14.b.). În teledetecție, interferometria SAR este utilizată pentru a monitoriza deplasările de suprafață pe suprafețe mari și, astfel, este ajutată analiza pericolelor și planificarea spațială. În acest scop, se aplică metodele „Persistent Scatterer Interferometry” și / sau „Small Baseline Subset”. Rezultatele sunt viteza medie pe întreaga durată de achiziție și o serie de timp de deplasare pentru fiecare distribuitor coerent pe termen lung. Pentru asigurarea calității, deplasările de suprafață detectate sunt verificate prin sondaje de teren și analize statistice cu seturi de date independente (de ex. Continuous GNSS Time Series-Serii de timp GNSS continue). În cele din urmă, produsele de date validate sunt suprapuse cu seturi de date geoscientifice pentru a interpreta fenomenul de deplasare observat.



a.

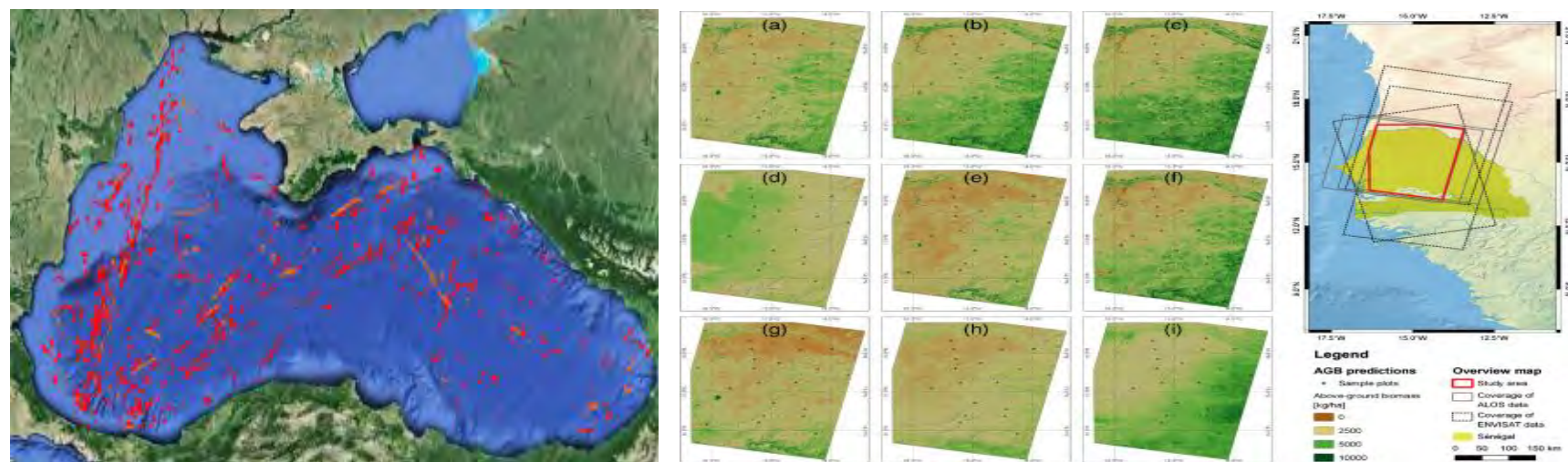


b.

Figura 4.14. a. Geometria achiziției unui sistem radar[147], b. Relația dintre faza interferometrică ( $\Phi$ ), faza topografică ( $\Phi_{\text{topo}}$ ) și faza diferențială[147]

Laboratorul de teledetectie cu radar aerospațial din Rusia, a fost fondat în 2002 în Institutul de Cercetări Spațiale al Academiei Ruse de Științe din Moscova și continuă încă studiile în domeniul teledetectiei Pământului prin metode radiofizice inițiate de prof. V.S. Etkin. Accentul se concentrează pe investigarea teoretică și experimentală a proceselor dinamice și a undelor din stratul superior al oceanului și al stratului aproape de suprafață al atmosferei pe baza datelor de teledetectie din satelit. Datele de bază utilizate în studii sunt imaginile de suprafață ale mărilor (oceanelor) obținute prin tehnologia SAR. Interpretarea corectă a datelor SAR este asigurată de o serie de tehnici de analiză dezvoltate de laborator și luând în considerare întregul set de date obținut de senzorii instalați la bordul diferiților sateliți implicați în teledetectia Pământului. Elaborarea principiilor fizice pentru detectarea poluării antropice pe suprafața mării este una dintre activitățile cele mai importante ale laboratorului. Criteriile principale au fost definite pentru detectarea extrem de fiabilă a poluării cu petrol pe suprafața mării și pentru separarea acesteia de manifestările de suprafață ale altor fenomene, cum ar fi regiunile cu înflorire intensă de alge, vânt scăzut și gheață. Analiza comună a diferitelor date din satelit a scos la iveală principalele tipuri de poluare cu diferite substanțe naturale antropice și naturale ale suprafeței mării pentru mările Marea Neagră, Baltică și Caspică.

Observarea pădurilor constituie o aplicație majoră în teledetectia cu Radar, această tehnică fiind cea mai indicată pentru cartografierea biomasei forestiere și a schimbărilor forestiere la scară globală. Recunoscută ca o variabilă climatică esențială, biomasa forestieră ne permite să cuantificăm componenta pădurii în ciclul carbonului și creșterea aferentă a acesteia, legată de absorbția carbonului atmosferic prin fotosinteză și scăderea aferentă a acestuia legată de emisiile din cauza defrișării sunt o pârghie sensibilă în gestionarea schimbărilor climatice. Astfel, de la viitoarea misiune spațială BIOMASS (lansare programată pentru anul 2020), sunt așteptări foarte mari pentru o mai bună cunoaștere a biomasei pădurilor la scară globală și beneficiile acesteia pentru climă și acțiunile de gestionare a calității vieții pe Pământ.



a.

b.

**Figura 4.15. a. Poluarea cu petrol din Marea Neagră rezultată din datele SAR / ASAR din decembrie 2009[149], b. Predicția spațială a biomasei într-o zonă de studiu (marcată cu roșu în partea din dreapta imaginii)[150]**

#### 4. Aplicații ale Radarului în Controlul traficului rutier[151-152]

Sistemele de transport au devenit o bază fundamentală pentru creșterea economică a tuturor națiunilor. Cu toate acestea, multe orașe din întreaga lume se confruntă cu o creștere necontrolată a volumului de trafic, cauzând probleme grave precum întârzieri, blocaje de trafic, prețuri mai mari ale combustibilului, creșterea emisiilor de bioxid de carbon, accidente, situații de urgență și degradarea calității vieții în societatea modernă. Astfel de probleme se vor agrava în viitor din cauza creșterii populației și a migrației crescânde în zonele urbane din multe țări din lume. Prin urmare, există o nevoie puternică de a îmbunătăți siguranța și eficiența transportului. Senzorii radar transmit radiații cu microunde cu consum redus de energie, care sunt reflectate de toate obiectele din zona de detectare. În Figura 4.16.[152] se prezintă zonele de implicare a Radarului în cadrul Managementului activităților de transport rutier.

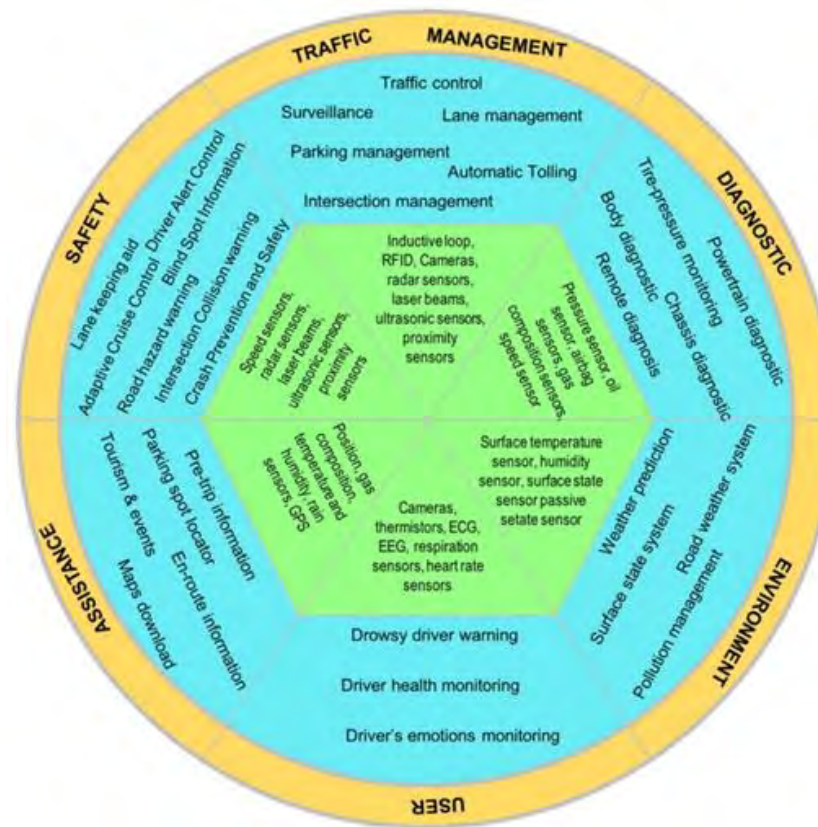


Figura 4.16. Integrarea senzorilor Radar în Managementul activităților de transport rutier[152]

Există diferite tipuri de sisteme cu senzori radar[151]:

- a. Sisteme Radar care funcționează pe principiul Doppler care utilizează schimbarea frecvenței undelor returnate pentru a urmări numărul de vehicule și determinarea cu mare precizie a vitezei,
- b. Radarul cu undă continuă modulată cu frecvență de transmisie continuă, utilizat pentru a măsura volumul, viteza și prezența fluxului.

În general, senzorii radar sunt foarte preciși și ușor de instalat în mai multe zone de detectare și pot funcționa în timpul zilei sau nopții. Dezavantajul lor principal este sensibilitatea ridicată la interferențe electromagnetice.

Radarul are mai multe aplicații în domeniul traficului rutier dintre care cele mai importante sunt următoarele:

- Poate scana constant drumul pentru prevenirea coliziunilor (frontale, laterale și din spate),
- Poate fi integrat în aplicațiile de siguranță prin care să fie ajustată accelerația și să fie activate frânele pentru a preveni potențialele coliziuni sau situații de risc, folosind unde radio pentru a determina distanța dintre obstacole și sensor, aplicația notifică șoferului dacă este detectat ceva aproape de vehicul și activează automat frânele pentru a evita o coliziune,
- Pot fi folosiți în aplicații care avertizează șoferul despre pericol potențial dacă este detectată schimbarea benzii sau rularea necontrolată pe banda a unui alt autovehicul, șoferul este avertizat în astfel de situații prin vibrații ale scaunului sau volanului sau folosind acustic o alarmă,
- Măsurarea volumului și vitezei vehiculului,
- Detectarea direcției de mișcare a vehiculului,
- Poate fi utilizat în aplicațiile pentru gestionarea semafoarelor.

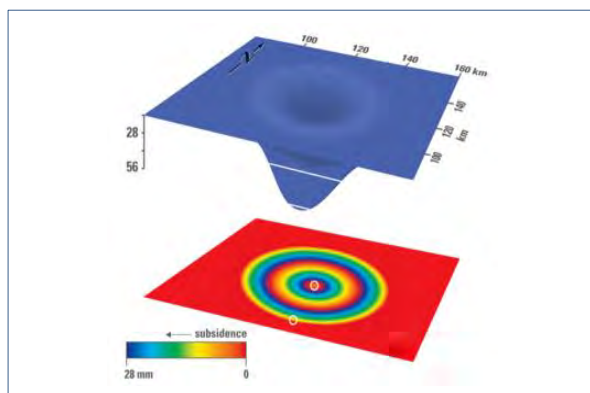
## 5. Aplicații ale Radarului în Cercetări spațiale[153-155]

Senzorii Radar amplasați pe vehicule spațiale care orbitează Pământul, pot opera prin vânt, ploaie și întuneric, iar prin combinarea a două sau mai multe imagini ale aceleiași site, o nouă dimensiune a informației devine accesibilă, incluzând semne ale unei mișcări de pe sol pe o scară milimetrică invizibilă pentru alte tehnologii. Această tehnică se numește interferometrie radar, cunoscută sub numele de InSAR[153]. Interferometric Synthetic Aperture Radar (InSAR) este o modalitate eficientă de a măsura schimbările în altitudinea suprafeței terestre. InSAR efectuează măsurători de înaltă densitate pe suprafețe mari prin utilizarea semnalelor radar de la sateliții care orbitează Pământul pentru a măsura modificările în altitudinea suprafeței terestre la grade ridicate de rezoluție de măsurare și detalii spațiale[154,155]. Imaginile radar InSAR sunt produse prin reflectarea semnalelor radar în afara zonei țintă și măsurarea timpului parcurs dus-întors satelit-Pământ. Tehnica InSAR folosește două imagini ale aceleiași zone dobândite la momente diferite și le „interferează” rezultând hărți numite interferograme care arată deplasarea suprafeței solului între cele două perioade de timp.

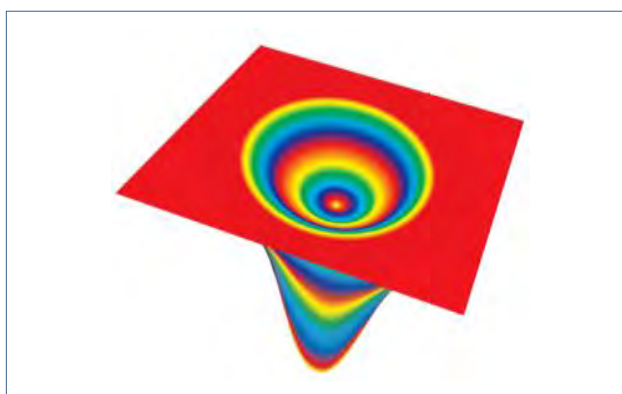
InSAR este ideal pentru a măsura amplitudinea spațială a deformării suprafeței asociate extracției de fluide și pericolelor naturale (cutremure, vulcani, alunecări de teren). Adesea este mai puțin costisitor decât obținerea măsurătorilor de puncte izolate prin nivelment geometric de înaltă precizie sau/și sisteme GNSS, și poate oferi date despre milioane de puncte aflate într-o regiune de aproximativ 10.000 de kilometri pătrați. Identificând anumite zone de deformare în regiuni mai largi de interes, imaginile InSAR pot fi de asemenea folosite pentru a poziționa mai bine instrumentația specializată (cum ar fi extensometrele, rețelele GNSS și mărcile mobile de nivelment) proiectate pentru a măsura și monitoriza cu precizie deformarea suprafeței pe zone limitate.



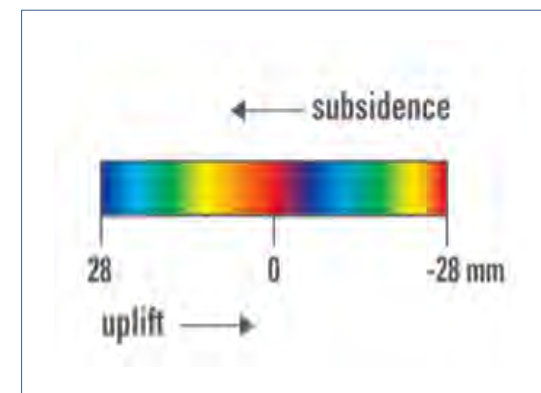
Agenția Spațială Europeană (European Space Agency-ESA) a fost în fruntea dezvoltării acestui sistem, deoarece agenția operează sateliții Synthetic Aperture Radar (SAR) mai întâi cu ERS-1, apoi ERS-2 și, în cele din urmă, cu Envisat. Sateliții sunt o parte integrantă a InSAR. În martie 2002, ESA a lansat Envisat, un satelit avansat de observare a Pământului care orbitează polar, oferind măsurători ale atmosferei, oceanului, pământului și gheții. Satelitul Envisat asigură continuitatea măsurătorilor de date ale predecesorilor săi, sateliții ERS. Datele Envisat susțin cercetarea științelor terestre și permit monitorizarea evoluției schimbărilor de mediu și climatice. Interferogramele sunt hărți ale modificărilor relative ale suprafeței terestre subterane, care sunt construite din datele InSAR pentru a ajuta la înțelegerea efectelor activităților tectonice sau umane, cum ar fi pomparea apelor subterane și producția de hidrocarburi, determinând efectul acestora-mișcările suprafeței terestre. Interferogramele necesită 2 imagini realizate la intervale de timp pentru a determina dacă a existat vreo schimbare a nivelului suprafeței terestre. Dacă pământul s-a lăsat (subsidență) sau ridicat (înălțare) satelitul între cele două imagini SAR, înregistrează o deplasare de fază măsurabilă, care este proporțională cu deplasarea. Harta schimbărilor de fază este denumită interferogramă și este reprezentată cu o scală de culori repetată care arată deplasarea relativă între prima și a doua achiziții. Direcția de deplasare - subsidență sau înălțare - este indicată prin secvența progresiei culorilor franjelor spre centrul unei caracteristici deformante. Interpretarea interferogramei se face în trei faze ilustrate în Figura 4.17. Astfel în Faza 1: Se numără franjele InSAR între două puncte pe interferogramă, unde o franjă este un ciclu de culori complet (adică roșu, portocaliu, galben, verde, albastru, violet). Figura ilustrează modul în care deplasarea suprafeței terestre, în acest exemplu este subsidența, este reprezentată pe o interferogramă. În acest exemplu, fiecare franjă sau ciclu de culoare reprezintă 28 mm de schimbare a geometriei inițiale, Faza a 2 a: Se înmulțește numărul de franjuri cu 28 mm. Deoarece există 2 franjuri, deplasarea maximă (în partea de jos a figurii) este de 56 mm. În funcție de procesare, o franjă poate reprezenta o mărime diferită a deplasării. În general, aproximativ 1/3 dintr-o franjă (două culori) este deplasare evidentă; în acest exemplu, 10 mm de deplasare, Faza a 3 a: Se determină dacă pământul s-a apropiat (înălțare) sau îndepărtat (subsidență) de satelit, potrivit modul în care se schimbă culorile dintre cele două puncte cu bara de scară InSAR. O creștere a intervalului (adică roșu, portocaliu, galben, verde, albastru, violet) semnifică subsidență, iar o scădere a intervalului indică ridicarea.



Faza 1



Faza a 2 a

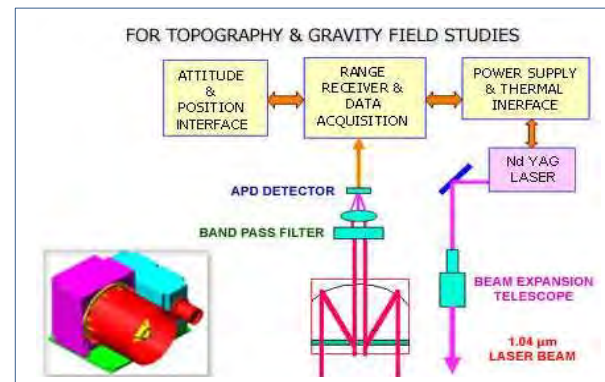


Faza a 3 a

**Figura 4.17. Interpretarea în trei faze a Interferogramelor vizând deplasările suprafețelor terestre[153]**

#### 4.2.3. Ranging Instrument utilizat ca senzor activ[156]

Ce mai cunoscută aplicație a Ranging Instrumentului este Lunar Laser Ranging Instrument (LLRI) propus pentru prima misiune lunară indiană Chandrayaan-1 având ca scop studierea topografiei suprafeței Lunii și a câmpului gravitațional al acesteia prin măsurarea precisă a altitudinii de pe o orbită polară din jurul Lunii. Datele de altimetrie privind Luna, care nu au fost acoperite de misiunile anterioare vor fi de asemenea disponibile cu ajutorul acestui instrument. LLRI completează camera de mapare a terenului și încărcările cu imagini hiperspectrale. Instrumentul constă dintr-un emițător laser cu impulsuri Nd: YAG pompat cu diodă, cu lățimea de impuls de 10 nsec și un sistem receptor. Sistemul de receptoare are un sistem optic de tip Ritchey - Chrétien de 17 cm cu diametru, detectoare foto Avalanche (APD), preamplificatoare, discriminatori de fracțiuni constante, unitate de măsură a timpului de zbor și interfață pentru nave spațiale. Proiectul vizează o rezoluție altimetrică mai mare de 5 m. Puterea semnalului primit de LLRI depinde de retroactivarea cu impulsuri laser de la suprafața Lunii. Suprafața Lunii fiind un reflector slab, alegerea dimensiunii receptorului și a tipului acestuia și selectarea detectorului joacă un rol important în obținerea unui raport semnal-zgomot bun și în atingerea rezoluției țintă.



**Figura 4.18. Componentele principale ale Lunar Laser Ranging Instrument (LLRI)[156]**

Determinările cu LLRI-Chandrayaan-1 vor furniza date variate pentru determinarea altitudinii exacte a navei spațiale deasupra suprafeței lunare, și prin faptul că va determina câmpul topografic global al Lunii va putea obține un model îmbunătățit pentru câmpul de gravitație lunară și astfel va completa datele de mapare a terenului obținute în mod current din imagini hiper-spectrale. Topografia este una din principalele măsurători necesare pentru a descrie cantitativ orice corp planetar, iar atunci când este combinată cu gravitația, topografia poate oferi informații atât asupra formei, cât și a structurii interne a unei planete. Astfel de informații sunt fundamentale pentru înțelegerea istoriei termice planetare. Harta altimetrică a Lunii, pregătită folosind instrumentul cu laser, purtat la bordul navei spațiale Chandrayaan-1, va ajuta la studierea morfologiei bazinelor lunare mari și a altor caracteristici lunare, studiază stresul, tulpina și proprietățile flexive ale litosferei și atunci când vor fi asociate studiilor gravitaționale va oferi date privind distribuția densității crustei. LLRI-Chandrayaan-1 poate opera fie în modul de profilare sau de scanare, folosind impulsuri de lumină pentru a ilumina terenul. Un

impuls coerent de lumină la 1064 nm lungime de undă și lățimea pulsului de 10 ns este transmis pe suprafața lunară. O parte din această lumină este relectată-împrăștiată în direcția emițătorului, unde receptoarele optice o colectează fiind dirijată spre un detector fotoelectric. Împrăștierea și absorbția în puncte îndepărtate pot fi deduse prin analizarea semnalului electric de la detector. De precizat, că în cazul acesta sarcina utilă cântărește mai puțin de 10 kg.

#### 4.2.4. Scatterometrul utilizat ca senzor activ[157-185]

##### 4.2.4.1. Definirea conceptului. Noțiuni generale[157-181]

Un scatterometru sau difuzometru este un instrument științific pentru a măsura întoarcerea unui fascicul de undă de lumină sau de radar împrăștiat prin difuzie într-un mediu precum aerul. Difuzometrele care folosesc lumina vizibilă se găsesc în aeroporturi sau pe drumuri pentru a măsura vizibilitatea orizontală. Scatometrele radar folosesc radio sau microunde pentru a determina secțiunea transversală a radarului ( $\sigma_0$ , "sigma zero" sau "sigma nimic") a unei suprafețe. Adesea sunt montate pe sateliți meteo pentru a găsi viteza și direcția vântului și sunt utilizate în industrii pentru a analiza rugozitatea suprafețelor. Datele derivate din scatterometrele oceanice sunt vitale pentru oamenii de știință în studiile lor despre interacțiunea aer-mare și circulația oceanelor, precum și efectele acestora asupra modelelor meteorologice și a climatului global. Aceste date sunt utile și în studiul fenomenelor meteorologice neobișnuite, precum El Niño, a efectelor pe termen lung ale defrișărilor asupra pădurilor noastre pluviale și a modificărilor maselor de gheață de mare din jurul regiunilor polare. Toate acestea joacă un rol central în reglementarea climatului global. Modelarea computerizată a dinamicii atmosferice globale în scopul prognozei meteorologice a devenit un instrument din ce în ce mai important pentru meteorologi. Datele despre scatterometru, cu acoperire largă, se arată că îmbunătățesc în mod semnificativ exactitatea prognozelor acestor modele. Prin combinarea datelor de dispersie a vitezei și direcției vântului la suprafața oceanului cu măsurători din alte instrumente științifice, oamenii de știință adună informații care să ne ajute să înțelegem mai bine mecanismele schimbărilor climatice globale și a modelelor meteorologice. Cele mai importante exemple de utilizare a Scatterometrelor pe sateliți de observare a Pământului (în paranteză este precizată perioada de funcționare), sunt prezentate în continuare[157]:

1. Instrumentul NSCAT (NASA Scatterometer) instalat pe satelitul ADEOS I (1996–97),
  2. Instrumentul SeaWinds instalat pe satelitul QuikSCAT (1999-2009),
  3. Instrument OSCAT-2 instalat pe satelitul SCATSAT-1 (lansat 2016),
  4. Instrument SCAT instalat pe satelitul Oceansat-2 (2009-2014),
  5. Instrumentul ISS-RapidScat instalat pe Stația Spațială Internațională (2014–2016),
  6. Instrumentul ASCAT instalat pe sateliții MetOp,
  7. Misiunea NASA Cyclone Global Navigation Satellite System (CYGNSS)(lansată 2016).
1. ADEOS I (Advanced Earth Observing Satellite 1)(Figura 4.19.a.)[158-171] a fost un satelit de observare a Pământului lansat de NASDA în 1996. Numele japonez al misiunii, Midori, înseamnă „verde”. Misiunea s-a încheiat în iulie 1997, după ce satelitul a suferit daune structurale la tabloul solar. Succesorul său, ADEOS II, a fost lansat în 2002, dar ca și prima misiune, s-a încheiat după mai puțin de un an, de asemenea, în urma unor defecțiuni ale panoului solar. ADEOS a fost proiectat pentru a observa schimbările de mediu ale Pământului, concentrându-se pe încălzirea globală, epuizarea stratului de ozon și defrișarea. La bordul satelitelui se aflau opt instrumente dezvoltate de NASDA, NASA și CNES. Dintre acestea, Scatterometrul NASA

(NSCAT), dezvoltat cu Laboratorul de Propulsie Jet, a folosit semnalele Doppler cu fasciculul concentrat pentru a măsura viteza vântului deasupra suprafețelor de apă ale mărilor și oceanelor.

2. Instrumentul SeaWinds instalat pe satelitul QuikSCAT (Figura 4.19.b.) [172,173] a fost un radar specializat funcționând cu microunde care a măsurat viteza și direcția vântului din apropierea suprafeței mărilor și oceanelor Pământului în toate condițiile meteo și cu oricare acoperire cu nori. SeaWinds în misiunea QuikSCAT a fost o misiune de „recuperare rapidă de date” pentru a umple golul creat de pierderea datelor din Scatterometrul NASA (NSCAT) în 1997. Scatterometrul NASA (QuikSCAT) a fost ridicat în spațiu sâmbătă (6/6/99), în vârful unui vehicul Titan II al Forței Aeriene din SUA, lansat din Complexul de lansare spațială 4 Vest, la baza Forței Aeriene din Vandenberg din California. Satelitul a fost lansat într-o direcție sud-sud-vest, urcând peste Oceanul Pacific la apusul soarelui, pentru a realiza o orbită eliptică cu o altitudine maximă de aproximativ 800 de kilometri deasupra suprafeței Pământului.

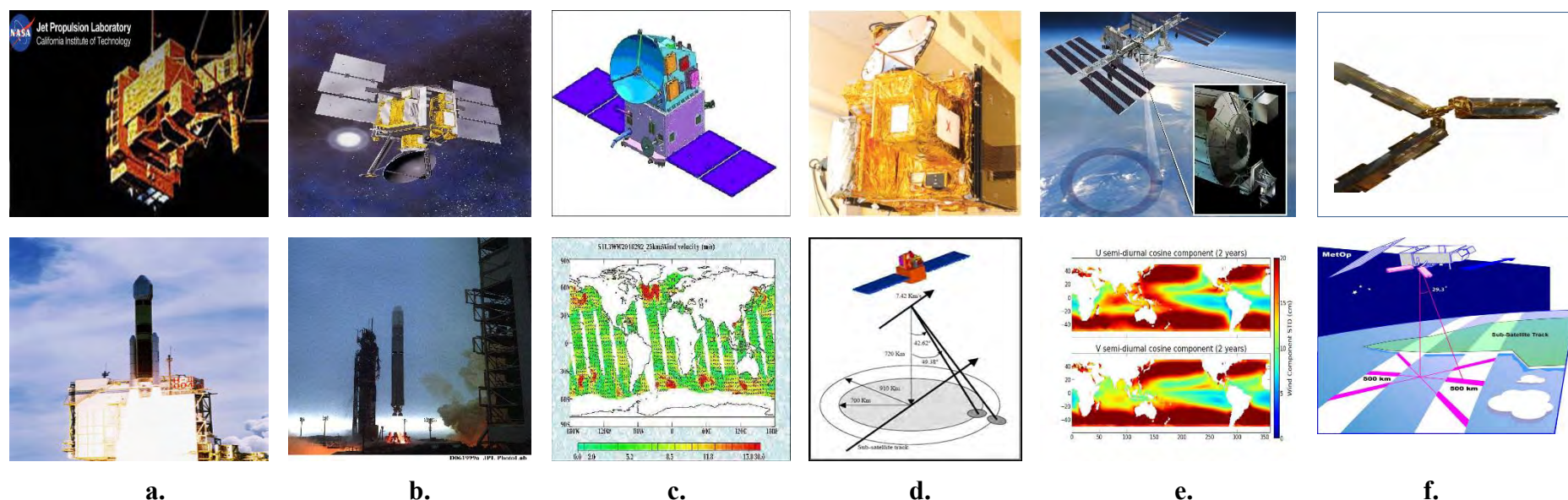


Figura 4.19. Exemple de utilizare a Scatterometrelor pe sateliți de observare a Pământului, a. Sus, Imaginea din cosmos a satelitului ADEOS I, sistem în care este integrat și NSCAT (NASA Scatterometer) [167], Jos, Lansarea ADEOS I la bordul unei rachete H-II [163-168], b. Sus, SeaWinds instalat pe satelitul QuikSCAT [172], Jos, Lansarea QuikSCAT la bordul unei rachete Titan II USA AIR FORCE [173], c. Sus, SCATSat-1 [174], Jos, Prima imagine privind distribuția globală a vântului înregistrată cu instrumentul OSCAT-2 de pe SCATSat-1 [175], d. Sus, OCEANSAT – 2, Launch Date: 23.09.2009 [176], Jos, Raza de operare a satelitului OCEANSAT-2 [177], E. Sus. NASA's ISS-RapidScat Credit: NASA/JPL-Caltech/Johnson Space Center [178], Jos, Imagine cu limita superioară a componentelor vântului zonal și meridional obținută prin utilizarea datelor RapidScat [178], f. Sus, Instrumentul ASCAT [179], Jos, Aria de operare a scaterometrului ASCAT [179]

3. Instrumentul OSCAT-2 instalat pe satelitul SCATSAT-1 (Figura 4.19.c.)[174,175] ale care analizează distribuția vânturilor de suprafață ale oceanului sunt preluate la 10 m înălțime, de NOAA / NESDIS, folosind date de observație de la Scatterometrul SeaWinds al NASA / JPL amplasat la bordul QuikSCAT, model denumit QSCAT1, care se referă la secțiunea de radar normalizată cu viteza și direcția vântului. Pentru o examinare mai atentă a câmpurilor eoliene, o imagine de date este împărțită în continuare în dreptunghiuri de 25KmX12.5Km, oferind o hartă a distribuției vântului pentru regiunile specifice de interes.

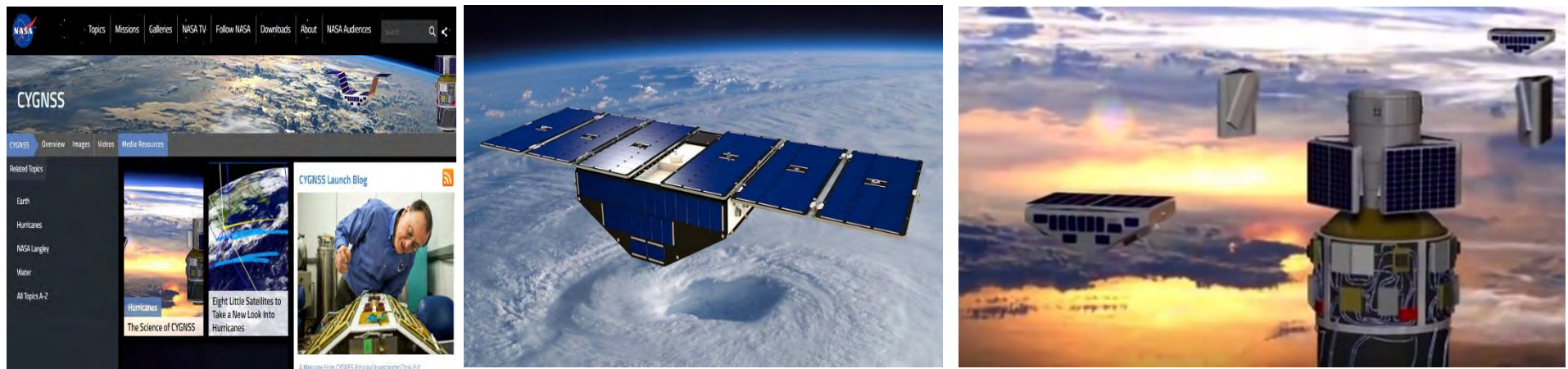
4. Scaterometrul SCAT a fost instalat pe satelitul Oceansat-2(Figura 4.19.d.)[176,177] , al doilea din seria Oceansat, fiind prevăzut să ofere continuitate serviciilor operaționale ale Oceansat-1 (IRS-P4) cu un potențial de aplicare îmbunătățit. Acesta a purtat trei sarcini utile: Ocean Color Monitor (OCM-2); Dispozitivul (OSCAT) cu bandă Ku și Radio Occultation Sounder pentru Atmosferă (ROSA), dezvoltat de Agenția Spațială Italiană. Obiectivele principale ale Oceansat-2 sunt următoarele:

- Proiectarea, dezvoltarea, lansarea și operarea unui satelit stabilizat care oferă servicii de teledetecție oceanică comunităților de utilizatori,
- Stabilirea, împreună cu utilizatorii, a segmentelor de la sol care vor fi analizate astfel ca datele primare și prelucrate să fie cât mai utile,
- Dezvoltarea de algoritmi și produse de date conexe,
- Oferirea de aplicații îmbunătățite prin utilizarea unui nou scatterometru.

5. Instrumentul ISS-RapidScat(Figura 4.19.e.)[178] instalat pe Stația Spațială Internațională a încheiat operațiunile de monitorizare a Pământului, în urma unei misiuni de succes de doi ani la bordul stației spațiale a NASA. Misiunea a fost lansată pe 21 septembrie 2014 având rolul de a asigura monitorizarea în timp real a vânturilor oceanice, care sunt esențiale în determinarea modelelor meteorologice regionale. Măsurătorile efectuate privind viteza și direcția vântului pe suprafața oceanului au fost folosite de agențiile din întreaga lume pentru efectuarea de prognoze meteo și marine și monitorizarea ciclonilor tropicali. Locația sa pe stația spațială a făcut ca acesta să fie primul scatterometru spațial care a putut observa cum evoluează vânturile pe parcursul unei zile. Agențiile care au folosit în mod obișnuit datele ISS-RapidScat pentru operațiunile de prognoză și monitorizare includ Administrația Națională a Oceanicului și Atmosferice (NOAA) și Marina SUA, împreună cu agențiile meteorologice europene și indiene. Aceasta a oferit o acoperire mai completă a modelelor de vânt îndepărtate spre mare, care s-ar putea transforma în furtuni periculoase. Chiar dacă aceste furtuni nu ating niciodată pământul, ele pot aduce impacturi devastatoare ale valurilor în zonele de coastă îndepărtate.

6. Instrumentul ASCAT(Figura 4.19.f.)[179] instalat pe sateliții MetOp, este un radar cu deschidere reală, care funcționează la frecvența de 5.255 GHz (bandă C) și utilizează antene polarizate vertical, transmițând un impuls lung cu modulare de frecvență liniară („chirp”). Ecourile la sol sunt primite de instrument și, după eliminarea datelor nedorite, semnalul reflectat este analizat și detectat spectral. În spectrul de putere, frecvența poate fi mapată în intervalul înclinat, cu condiția să fie cunoscută rata de chirp și frecvența Doppler. Procesarea este, de fapt, o compresie a impulsurilor, care oferă rezoluție de rază de acțiune. De la aproximativ 837 km altitudine, instrumentul transmite impulsuri bine caracterizate de energie cu microunde către suprafața mării. Vânturile peste mare provoacă perturbații la scară mică (centimetrice) ale suprafeței mării, care modifică caracteristicile de retragere a radarului într-un mod particular. Aceste proprietăți de retragere sunt bine cunoscute și depind atât de viteza vântului asupra mării, cât și de direcția vântului, în ceea ce privește punctul din care este observată suprafața mării. La bordul ASCAT, două seturi de câte trei antene măsoară backscatter-ul electromagnetic rezultat de pe suprafața oceanului, pe două lături de 500 km lățime, pe fiecare parte a proiecției la a orbitei satelitelui. Cele trei antene de fiecare parte fac observații secvențiale ale coeficientului de retragere a fiecărui punct de interes din trei direcții. Cele trei direcții sunt necesare pentru a rezolva ambiguitățile legate de direcția vântului.

7. Misiunea NASA Cyclone Global Navigation Satellite System (CYGNSS) (Figura 4.20.)[180,181], lansată în anul 2016, are rolul de a efectua prognozarea uraganelor. fiind o capabilitate cheie a unei misiuni NASA. Misiunea CYGNSS folosește opt micro-sateliți pentru a măsura viteza vântului peste oceanele Pământului, sporind capacitatea oamenilor de știință de a înțelege și prezice uraganele. Fiecare satelit va lua informații pe baza semnalelor de la patru sateliți GPS. Aparatul folosește semnale GPS reflectate de suprafețele oceanului pentru a măsura înălțimea valurilor cu scopul de a determina viteza vântului. Utilizarea a opt sateliți va crește și suprafața de pe Pământ care poate fi măsurată. Instrumentele vor fi dislocate separat în jurul planetei, sateliții succesivi trecând peste aceeași regiune la fiecare 12 minute. Pe măsură ce constelațiile CYGNSS și GPS se deplasează pe pământ, interacțiunea celor două sisteme va avea ca rezultat o nouă imagine a vitezei vântului pe întreaga suprafață a Pământului, la fiecare câteva ore, comparativ cu date oferite la câteva zile pentru un singur satelit. Southwest Research Institute (SwRI) conduce dezvoltarea și integrarea microsatelitelor CYGNSS. Laboratorul de cercetare în fizică spațială de la Universitatea din Michigan, College of Engineering din Ann Arbor conduce execuția generală a misiunii, iar departamentul său de științe climatice și spațiale și inginerie conduce investigarea științifică în timp ce Direcția Știința Pământului a Direcției Misiune Știință a NASA(The Earth Science Division of NASA's Science Mission Directorate) supraveghează misiunea în ansamblul său.



a.

b.

c.

**Figura 4.20.[180,181]. Misiunea NASA Cyclone Global Navigation Satellite System (CYGNSS), a. Preent Screen al sitului NASA, care promovează misiunea CYGNSS, B. Unul din cei opt sateliți CYGNSS, c. Lansarea în spațiu a sateliților CYGNSS la sfârșitul anului 2016 de la stația aeriană Cape Canaveral din Florida la bordul unei rachete Pegasus XL cu o aeronavă Orgital Sciences Corporation Stargazer L-1011**

#### 4.2.4.2. Componentele sistemelor Scatterometru[182,183]

Scatterometrul este format din trei părți majore numite subsisteme, acestea fiind: Subsistemul electronic (Electronics Subsystem-SES), Subsistemul antenei (Antenna Subsystem-SAS) și Subsistemul de comandă și date (Command and Data Subsystem-CDS).

Subsistemul electronic este inima scatterometrului și conține un emițător, un receptor și un procesor digital de semnal. Acesta generează și trimite unde de înaltă frecvență radio (RF) la antena. Antena transmite semnalul pe suprafața Pământului și în același timp impulsurile de energie. Când impulsurile lovesc suprafața oceanului, aceasta suferă un fenomen de împrăștiere. O suprafață agitată a oceanului întoarce un semnal mai puternic, deoarece undele reflectă mai mult din energia radarului înapoi spre antena scatterometrului. O suprafață lină a oceanului returnează un semnal mai slab, deoarece se reflectă mai puțin din energie. Ecoul sau backscatterul sunt dirijate de antena către SES prin ghidaje de undă (conduțe metalice dreptunghiulare care ghidează undele de energie RF dintr-un punct în altul). SES transformă apoi semnalele în formă digitală pentru procesarea datelor.

CDS este, în esență, un computer care adăpostește software-ul care permite funcționarea instrumentului. Oferă legătura dintre centrul de comandă de la sol, nava spațială și scatterometrul. Acesta controlează funcționarea generală a instrumentului, inclusiv sincronizarea fiecărui impuls transmis și colectează toate informațiile necesare pentru a transforma ecorile primite în măsurători ale vântului într-o anumită locație de pe Pământ. Pentru a localiza poziția precisă pe Pământ de la care a fost preluat ecoul, CDS colectează (pentru fiecare impuls) poziția de rotație a antenei, timpul navei spațiale și o estimare a poziției navei spațiale. CDS colectează, de asemenea, temperatura instrumentului, tensiunile de funcționare și curenții, astfel încât starea generală a instrumentului poate fi monitorizată. Celelalte două subsisteme primesc prin CDS comenzile care le controlează toate funcțiile.

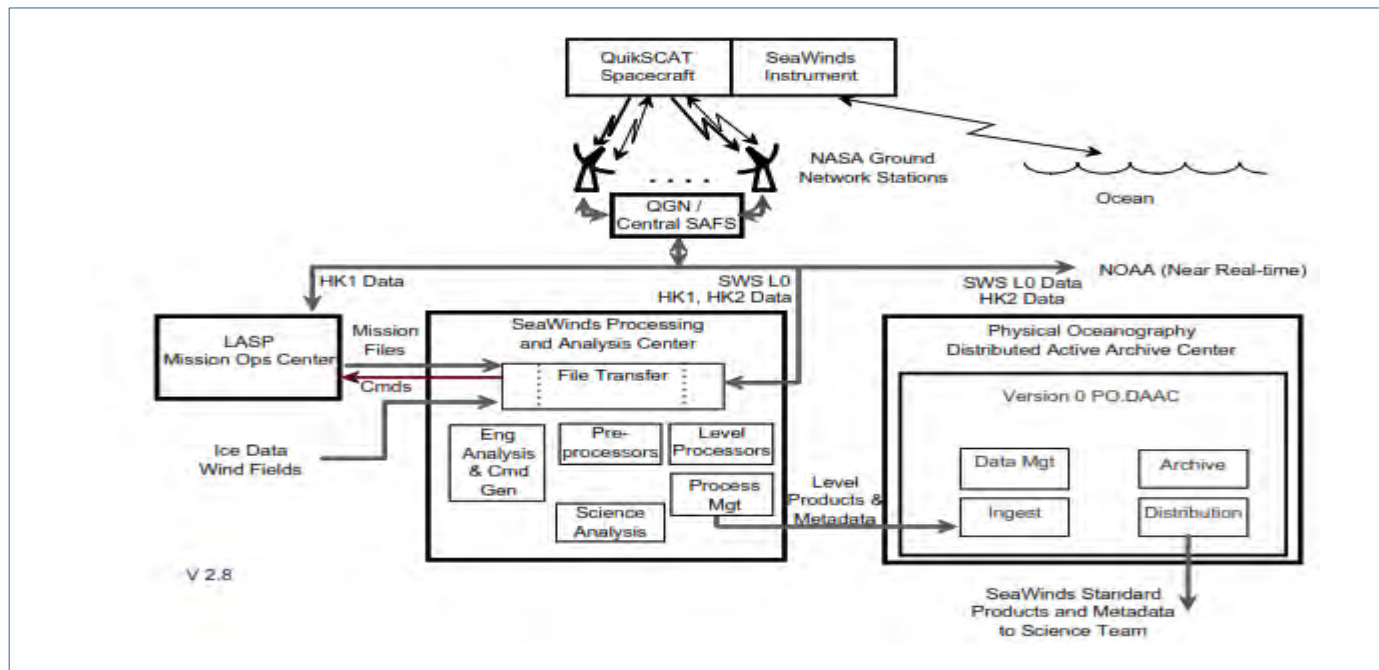


Figura 4.21.[183]. QuikSCAT Data Flow, imagine din care rezultă componentele Scatterometrului

SAS constă dintr-o antenă reflector parabolică cu diametrul de un metru montată pe un ansamblu activator de rotire, care determină rotirea reflectorului la 18 rpm (rotații pe minut). Ansamblul activator oferă un control de rotire foarte precis și informații precise despre poziție sau indicare către CDS. Codificatoare optice, discuri de sticlă cu tipare mici imprimate pe suprafață, indică CDS-ului exact unde antena indică aproximativ 10/1000 de grad. Antena se învârtă într-un ritm foarte precis și emite două fascicule la aproximativ 6 grade distanță, fiecare constând dintr-un flux continuu de impulsuri. Cele două grinzi sunt necesare pentru a realiza măsurători precise ale direcției vântului. Îndreptarea acestor grinzi este calibrată cu precizie înainte de lansare, astfel încât ecurile să poată fi localizate cu exactitate pe sol din spațiu.

#### 4.2.4.3. Principale categorii de Scatterometru, raportat la principiile de funcționare[184]

Scatterometrele măsoară, în fapt, secțiunea transversală a undelor radar reflectate de suprafața mărilor și a oceanelor. O funcție de model geofizic (GMF) oferă această secțiune transversală în funcție de vectorul echivalent al vântului neutru la 10 m înălțime de nivelul apei, unghiul de incidență, unghiul relativ de azimut, frecvența radarului și polarizarea. În funcție de lungimea de undă a radiației, sunt identificate două tipuri de Scatterometru practice de radar-Scatterometru, a. Scatterometrul C-band și b. Scatterometrul Ku-band, o comparație între acestea fiind prezentată în tabelul 4.1.[184].

**Tabelul 4.1. Comparație între Scatterometrele C-band și Ku-band[184]**

|               | C-band  | Ku-band  |
|---------------|---|--|
| Frequency     | 5.255 GHz   | 13.4 GHz   |
| Wavelength    | 5 cm  | 2 cm   |
| Limitations   | less detection in the higher wind range (> 60 kt), sea ice, coastal coverage - Land contamination | sensitive to rain, coastal coverage - Land contamination |
| Scatterometer | ASCAT-A and ASCAT-B   | QuickScat/Rapid SCAT/HY2A                                |
| Polarization  | VV-pol  | Dual-polarization  |
| Sampling      | 12.5-25 km  | 25 km- 50 km   |
| Geometry      | Static  | Rotating antenna   |
| Swath         | Double (about 550km each)   | Single   |



#### 4.2.4.4. O privire generală a viitorului Scatterometrelor în Teledeteție[185]

CEOS(Committee on Earth Observation Sattelites) a realizat o prezentare generală a misiunilor satelite terminate, curente și propuse cu scatterometres la bord, prezentată în Figura 4.22.[185]. Din această imagine rezultă că mai multe state sau grupări de state de pe toate continentele sunt preocupate să asigure viitorul teledeteției bazate pe imagini preluate prin tehnologia Scatterometrelor.

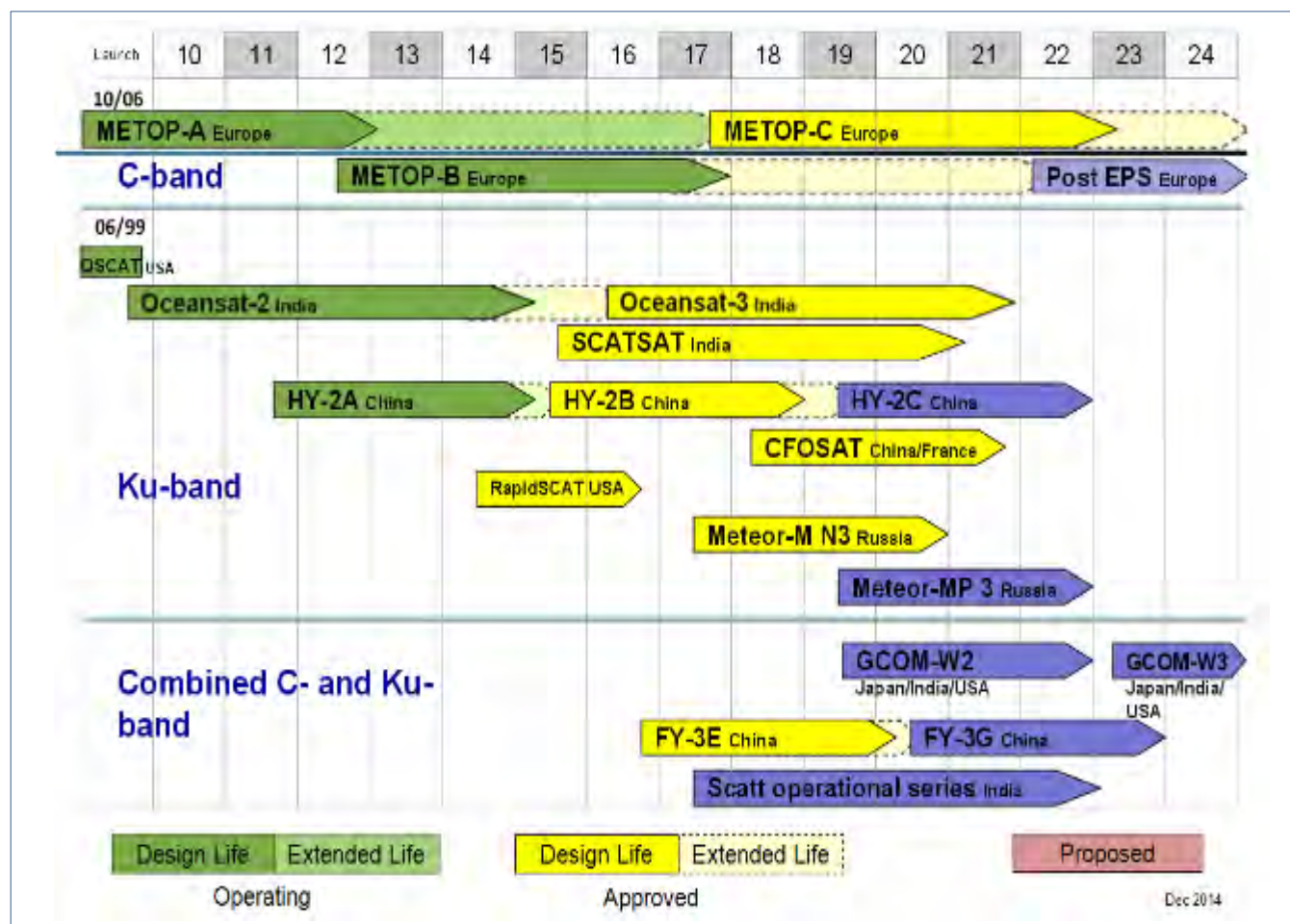


Figura 4.22.[185]. Prezentare generală a misiunilor satelite terminate, curente și propuse cu scatterometre la bord

#### 4.2.5. Sounderul utilizat ca senzor activ[186-195]

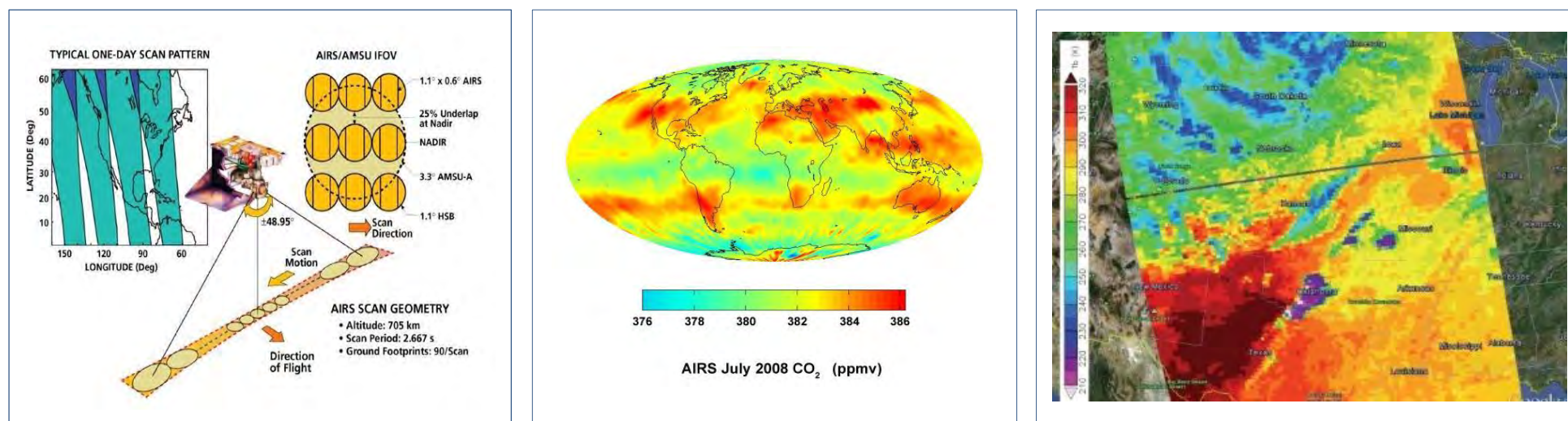
Sounderul activ emite pulsații-radiații către straturile atmosferice, nori, aerosoli și gaze atmosferice și colectează energia reflectată de acestea. Sounderul este un senzor activ care are misiunea de a măsura distribuția verticală a caracteristicilor atmosferei ca de exemplu: umiditatea, temperatură, stratificarea și compoziția norilor, posibile precipitații și caracteristici ale acestora, cantitate, distribuție, etc. Misiunile Teledetecției în cercetarea mediului sunt multiple, în mare parte având ca țintă cercetări ce vizează îmbunătățirea prognozei meteorologice, principalele aspect cercetate fiind prezentate în Tabelul 4.2.

**Tabelul 4.2 Exemple de elemente ale atmosferei, suprafeței terestre sau ale mărilor și oceanelor, preluate prin tehnici de Teledetecție, clasificate pentru diferite utilizări[186]**

| <i>Element</i>               | <i>Ordinary climate</i> | <i>Principal climate</i> | <i>Marine</i> | <i>Hydrometeorological</i> | <i>Agrometeorological</i> | <i>Urban</i> | <i>Proxy</i> |
|------------------------------|-------------------------|--------------------------|---------------|----------------------------|---------------------------|--------------|--------------|
| Air temperature              | *                       | *                        | *             |                            | *                         | *            |              |
| Soil temperature             |                         |                          |               |                            | *                         |              |              |
| Water temperature            |                         |                          | *             | *                          |                           |              |              |
| Precipitation                | *                       | *                        | *             | *                          | *                         | *            |              |
| Weather                      |                         | *                        | *             |                            | *                         | *            |              |
| Clouds                       |                         | *                        | *             |                            | *                         | *            |              |
| Pressure                     |                         | *                        | *             |                            | *                         | *            |              |
| Visibility                   |                         | *                        | *             |                            | *                         | *            |              |
| Humidity                     |                         | *                        | *             |                            | *                         | *            |              |
| Wind                         |                         | *                        | *             |                            | *                         | *            |              |
| Solar radiation              |                         | *                        |               |                            | *                         | *            |              |
| Sunshine                     |                         | *                        |               |                            | *                         | *            |              |
| Salinity                     |                         |                          | *             |                            |                           |              |              |
| Currents                     |                         |                          | *             |                            |                           |              |              |
| Sea level                    |                         |                          | *             |                            |                           |              |              |
| Waves                        |                         |                          | *             |                            |                           |              |              |
| Air-sea momentum             |                         |                          | *             |                            |                           |              |              |
| Air-sea fluxes               |                         |                          | *             |                            |                           |              |              |
| Ice                          |                         |                          | *             | *                          |                           |              |              |
| Dissolved oxygen             |                         |                          | *             |                            |                           |              |              |
| Nutrients                    |                         |                          | *             |                            |                           |              |              |
| Bathymetry                   |                         |                          | *             |                            |                           |              |              |
| Biomass                      |                         |                          | *             |                            |                           |              |              |
| Streamflow                   |                         |                          |               | *                          |                           |              |              |
| River stages                 |                         |                          |               | *                          |                           |              |              |
| Sediment flow                |                         |                          |               | *                          |                           |              |              |
| Recharge                     |                         |                          |               | *                          |                           |              |              |
| Evaporation                  |                         |                          |               | *                          | *                         | *            |              |
| Soil moisture                |                         |                          |               | *                          | *                         | *            |              |
| Runoff                       |                         |                          |               | *                          | *                         |              |              |
| Groundwater                  |                         |                          |               | *                          | *                         |              |              |
| Plant development            |                         |                          |               |                            |                           | *            | *            |
| Pollen                       |                         |                          |               |                            |                           |              | *            |
| Ice and sediment composition |                         |                          |               |                            |                           |              | *            |
| Tree ring growth             |                         |                          |               |                            |                           |              | *            |
| Coral ring growth            |                         |                          |               |                            |                           |              | *            |
| Atmospheric chemicals        |                         |                          |               |                            |                           | *            |              |
| Particulate matter           |                         |                          |               |                            |                           | *            |              |

#### 4.2.5.1. Principalele aplicații ale sistemelor Sounder[187-195]

Una dintre principalele aplicații ale sounderului în Teledetectie este Sounderul atmosferic (Atmospheric Infrared Sounder-AIRS) este unul dintre cele șase instrumente care zboară la bordul satelitului Aqua al NASA, lansat la 4 mai 2002. Instrumentul este conceput pentru a sprijini cercetarea climatică și pentru a îmbunătăți prognozarea meteorologică.[187,188]. Lucrând în combinație cu un alt instrument, amplasat la bordul satelitului, funcționând cu microunde Advanced Advanced Sounding Unit (AMSU-A), AIRS observă ciclurile globale de apă și energie, variația și tendințele climatice și răspunsul sistemului climatic la creșterea gazelor cu efect de seră. AIRS folosește tehnologia în infraroșu pentru a crea hărți tridimensionale ale aerului și ale temperaturii suprafeței, a vaporilor de apă și a proprietăților norilor. AIR-urile pot măsura, de asemenea, urme de gaze cu efect de seră, cum ar fi ozonul, monoxidul de carbon, dioxidul de carbon și metanul. Pe satelitul Aqua este amplasat și un spectroradiometru de imagine cu rezoluție moderată (MODIS), un sistemul de captare a energiei radiante a Pământului (Earth's Radiant Energy System-CERES) și radiometrul avansat de scanare cu microunde-EOS (AMSR-E). Aqua face parte din seria de sateliți NASA „A-train”, o serie de sateliți cu înclinație înaltă, sincronizate cu Soarele, pe orbita Pământului scăzută, concepute pentru a face observații globale pe termen lung ale suprafeței terestre, biosferei, solului Pământului, atmosferei și oceanului.[189]. Datele AIRS sunt gratuite și disponibile publicului prin intermediul Goddard Earth Sciences Data Information and Services Center.[190].



**a.** Caracteristici generale și principiul de funcționare a Digital Earth Emissivity Information System (DEEIS) Instruments - Atmospheric Infrared Sounder (AIRS)[191], **b.** Harta distribuției cu dioxid de carbon în atmosferă, obținută prin tehnologia AIRS[192-194], **c.** Tornada Oklahoma, 20 mai 2013, Imaginile în infraroșu AIRS arată vârful furtunii[190]

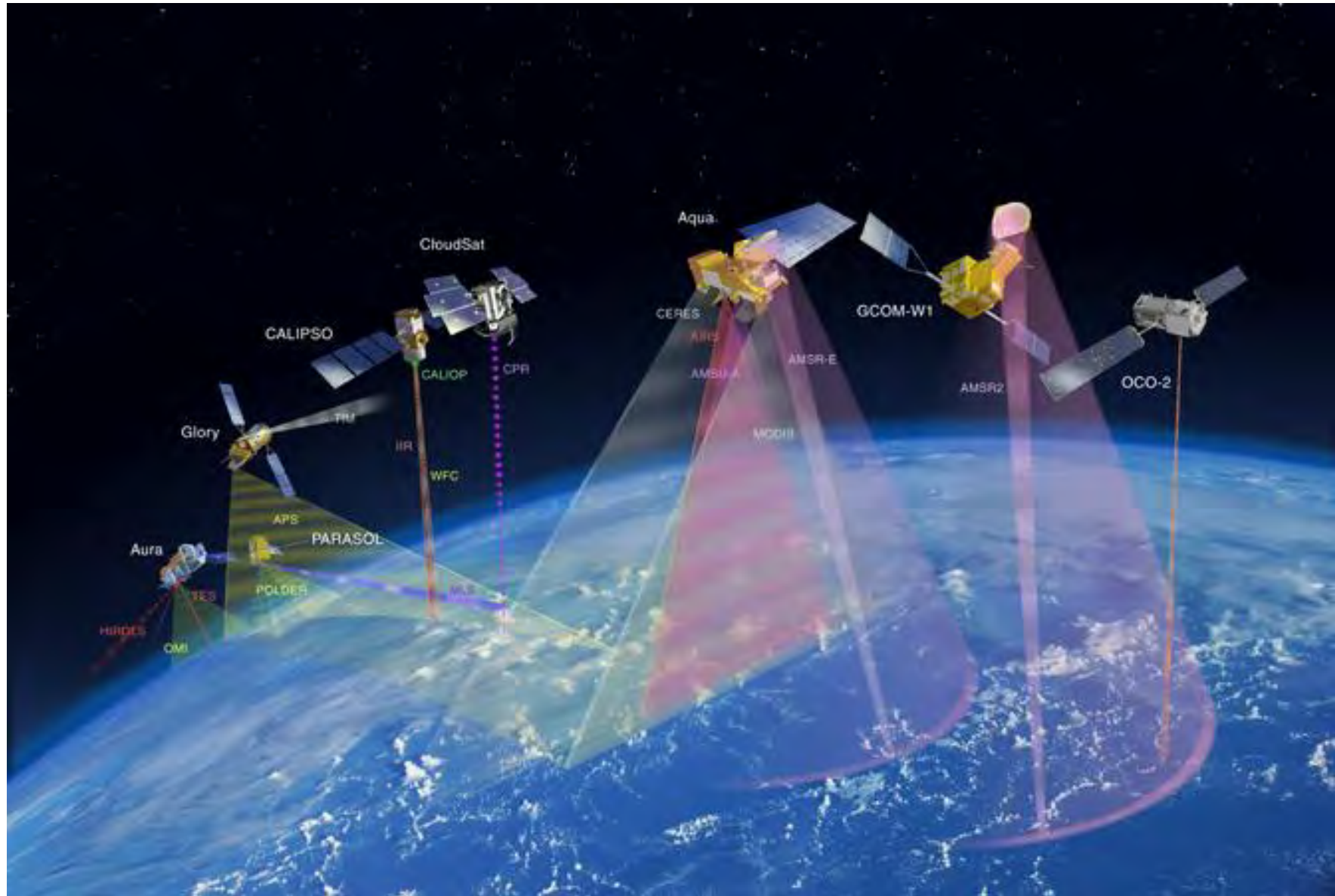


Figura 4.24. Constelația de sateliți NASA A-Train(A-Train constellation of satellites. Credit: NASA)[195]

**Tabelul 4.3. Caracteristicile principale ale programelor satelitare care folosesc sisteme senzoriale active. Misiuni istorice[6]**

| Platforma                                     | Instrumentul  | Sistemul de operare | Comentarii  |
|---|---|---------------------|---|
| Advanced Land Observing Satellite (ALOS)      | Phased Array L-band Synthetic Aperture Radar (PALSAR) | Radar               | Dezvoltat pentru a contribui la domeniile de cartografiere, observarea regională precisă a acoperirii terenurilor, monitorizarea dezastrelor și sondajul resurselor. ALOS a fost o misiune a Agenției Japoneze de Explorare Aerospațială (Japan Aerospace Exploration Agency-JAXA).   |
| Advanced Earth Observing Satellite (ADEOS)    | Wind Scatterometer (SCAT)                             | Radar Scatterometer | Banda dublu-fan Beam Ku(Dual Fan-Beam Ku Band) care măsoară vectorii vânturilor oceanice la o rezoluție nominală de grilă de 25 km.   |
| Advanced Earth Observing Satellite (ADEOS II) | SeaWinds  | Scatterometer       | SeaWinds este o parte a Sistemului de observare a Pământului (Earth Observing System- EOS), care este conceput pentru a aborda schimbările globale de mediu și este o misiune comună cu Agenția Națională de Dezvoltare Spațială din Japonia (National Space Development Agency of Japan NASDA).  |
| Airborne Synthetic Aperture Radar (AIRSAR)    | Airborne Synthetic Aperture Radar (AIRSAR)            | Radar               | Instrument de imagine capabil să opereze în cele mai dificile condiții meteorologice sau de teren, poate să pătrundă prin nori și să colecteze date noaptea. Lungimile de undă mai lungi pot pătrunde și prin vegetația din păduri, în zone extrem de uscate, acoperite cu nisip sau prin straturi de zăpadă uscată.  |
| European Remote Sensing Satellite (ERS-1)     | Synthetic Aperture Radar (SAR)                        | Radar               | Parte dintr-o familie de sateliți multi-disciplinari de observare a Pământului(Earth Observation Satellites). A emis un impuls radar cu un front de undă sferică care se reflectă de la suprafața Pământului. Măsurarea gamei de unde reflectate s-a făcut folosind un tracker de bord. Misiunea s-a lansat în 1991 și s-a încheiat în 2000.                                  |
| European Remote Sensing Satellite (ERS-2)     | Synthetic Aperture Radar (SAR)                        | Radar               | Parte dintr-o familie de sateliți multi-disciplinari de observare a Pământului(Earth Observation Satellites). A emis un impuls radar cu un front de undă sferică care se reflectă de la suprafața Pământului. Măsurarea gamei de unde reflectate s-a făcut folosind un tracker de bord. Misiunea s-a lansat în 1995 și s-a încheiat în 2011.                                  |
| European Remote Sensing satellite (ERS-2)     | Active Microwave Instrument (AMI-WIND)                | Microwave           |   |
| European Remote Sensing satellite (ERS-2)     | Radar Altimetry (RA)                                  | Radar               |   |
| Geodetic Satellite (GEOSAT)                   | Geosat Altimeter (GA)                                 | Altimeter           | Altimetrul instalat la bord era capabil să măsoare distanța de la satelit la suprafața mării cu o precizie relativă de aproximativ 5 cm. S-a încheiat în ianuarie 1990, din cauza defectării celor două înregistratoare de bord.  |
| Geosat Follow-on (GFO)                        | GFO Altimeter (GA)                                    | Altimeter           | Unul dintre senzorii multi-satelit încorporați în Analiza curenților oceanici de suprafață în timp real (Ocean Surface Current Analysis Real-time-OSCAR). Măsurătorile de date de la acești sateliți vor oferi oamenilor de știință o mai bună înțelegere a circulației apei în oceane, a mișcărilor produse în topografia straturilor de gheață și a schimbărilor climatice. |
| Hurricane and Severe Storm Sentinel (HS3)     | Cloud Physics Lidar (CPL)                             | Lidar               | Sarcina utilă a satelitului este formată din instrumente cu misiunea de a cerceta mediul incluzând un Cloud Physics Lidar pentru a investiga procesele care stau la baza formării uraganelor și a schimbării intensității vântului în bazinul Oceanului Atlantic. Face parte din programul Earth Ventures 1 (EV-1).   |

|  |  |                                     |  |
|--|--|-------------------------------------|--|
| Hurricane and Severe Storm Sentinel (HS3)                | High Altitude Wind and Rain Profiling Radar (HIWRAP) | Radar                               | Sarcina utilă a satelitului este formată din instrumente cu misiunea de a cerceta mediul incluzând un sistem HIWRAP pentru scanare conică cu ajutorul unui radar Doppler pentru a investiga procesele care stau la baza formării uraganelor și a schimbării intensității vântului în bazinul Oceanului Atlantic. Face parte din programul Earth Ventures 1 (EV-1).   |
| Ice, Cloud, and land Elevation Satellite (ICESat)        | Geoscience Laser Altimeter System (GLAS)             | Laser Altimeter (Active Sensor)     | Obiectivul principal a fost măsurarea creșterilor straturilor de gheață și modificările în altitudine în timp. Obiectivele secundare includ măsurarea profilurilor de înălțime a norilor și a aerosolilor, ridicări ale suprafețelor terestre vizând inclusiv acoperirea cu vegetație și analiza evoluției grosimii gheții marine. Lansat în ianuarie 2003 și încheiat în august 2010.   |
| Japanese Earth Resources Satellite (JERS-1)              | Synthetic Aperture Radar (SAR)                       | Radar (Active Sensor)               | Deși durata de proiectare a FUYO-1 (JERS-1) a fost de 2 ani, satelitul a obținut date de observație timp de peste 6 ani și a încheiat misiunea la 12 octombrie 1998  |
| Joint Altimetry Satellite Oceanography Network (Jason-1) | Poseidon-2 Altimeter (Poseidon-2)                    | Radar Altimeter                     | A măsurat nivelul mării, înălțimea valurilor, viteza vântului și corecția ionosferică. Dezafectat în iulie 2013.   |
| QuikSCAT   | SeaWinds   | Radar Scatterometer                 | Banda dublu-fan Beam Ku (Dual Fan-Beam Ku Band) care măsoară vectorii vânturilor oceanice la o rezoluție nominală de grilă de 25 km.   |
| Radar Satellite (RADARSAT)                               | Synthetic Aperture Radar (SAR)                       | Radar (Active Sensor)               | Satelitul radar RADARSAT (Radar Satellite) este un satelit radar cu rezoluție variabilă și unghiuri de vedere diferite la o serie de poziții prestabilite. RADARSAT colectează date privind managementul resurselor, gheții, oceanelor și de monitorizare și supraveghere arctică. RADARSAT sprijină, de asemenea, pescuitul, transportul maritim, explorarea petrolului, forajul în larg și cercetarea oceanelor. RADARSAT oferă o acoperire globală completă cu flexibilitate pentru a sprijini cerințele specifice. |
| Seasat 1   | Seasat-A satellite scatterometer (SASS)              | Radar Scatterometer (Active Sensor) | Un scatterometru cu microunde care a fost utilizat pentru a determina intensitatea vântului vector deasupra oceanelor lumii. Tehnica se bazează pe sensibilitatea retroactivă a radarului cu microunde la undele oceanului creată de acțiunea vântului de suprafață.   |
| Space Transport System (STS)                             | Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)              | Radar                               | Model digital de înaltă rezoluție (Digital Elevation Model-DEM).   |
| TOPEX/ Poseidon  | Dual-Frequency Altimeter (ALT-A, B)                  | Radar Altimeter                     | Obiectivele au fost măsurarea înălțimii satelitului deasupra mării, înălțimii valurilor, asigurarea corecțiilor ionosferice și măsurarea vitezei vântului pe verticala navei spațiale. Misiunea s-a încheiat în ianuarie 2006.   |
| TOPEX/ Poseidon  | Single-Frequency Poseidon Altimeter (SSALT)          | Altimeter                           | S-a monitorizat circulația globală a oceanelor, s-au îmbunătățit predicțiile climatice globale și s-au urmărit condițiile de formare a uraganelor oceanice. Misiunea sa încheiat în ianuarie 2006  |
| Tropical Rainfall Measuring Mission                      | Precipitation Radar (PR)                             | Phased-Array Radar                  | Măsoară distribuția în 3-D a ploii și gheții. Oferă rezoluție orizontală de 250 m și rezoluție verticală de 5 km.  |

**Tabelul 4.4. Caracteristicile principale ale programelor satelitare care folosesc sisteme senzoriale active. Misiuni curente[6]**

| Platforma   | Tipul de senzor                      | Instrumentul   | Tipul-Sistemul de operare | Comentarii   |
|---|--------------------------------------|--|---------------------------|--|
| Airborne Microwave Observatory of Subcanopy and Subsurface (AirMOSS)                    | Altimeters - Radar and Laser (Lidar) | Synthetic Aperture Radar (SAR)   | Radar                     | Radarul cu deschidere sintetică cu bandă P (P-band Synthetic Aperture Radar-SAR) va oferi măsurători polarimetrice calibrate care vor fi utilizate pentru a prelua umiditatea solului din zona rădăcinilor plantelor (Root-Zone Soil Moisture-RZSM) pentru siturile de studiu. Aceasta este o parte a programelor Earth Ventures 1 (EV-1).   |
| Cloud-Aerosol Lidar and Infrared Pathfinder Satellite Observations (CALIPSO)            | Altimeters - Radar and Laser (Lidar) | Cloud-Aerosol Lidar with Orthogonal Polarization (CALIOP)  | Cloud and Aerosol Lidar   | Lidar sensibil la polarizare, cu două lungimi de undă, care oferă profiluri verticale de înaltă rezoluție ale aerosolilor și norilor.  |
| Cloud-Aerosol Transport System on the International Space Station (CATS)                | Altimeters - Radar and Laser (Lidar) | Light Detection and Ranging (LIDAR)  | Lidar                     | Instrument de teledetecție Lidar care va oferi măsurători de profil operate în zonele cu aerosoli și nori atmosferici de la Stația Spațială Internațională (International Space Station-ISS).  |
| Aircraft  | Altimeters - Radar and Laser (Lidar) | Multiple instruments such as Differential Absorption Lidar (DIAL), Lidar Atmospheric Sensing Experiment (LASE), Doppler radar, NASA Portable S-band Multiparameter Weather Research Radar (NPOL), Shared Mobile Atmospheric Research and Teaching (SMART) Radars, 2nd Generation Precipitation Radar (PR-2) etc. | Lidar/Radar               | Măsoară vaporii de apă, aerosolii și norii în toată troposfera. Acestea sunt multiple campanii aeriene la bordul aeronavelor NASA DC-8 și ER-2. Unele dintre aceste campanii includ seria de experiență Convection And Moisture EXperiment(CAMEX-4), Genesis and Rapid Intensification Processes Lidar Atmospheric Sensing Experiment (GRIP LASE), NASA African Monsoon Multidisciplinary Analyses Lidar Atmospheric Sensing Experiment (NAMMA LASE) projects etc.). Aeronavele Thses transportă, de asemenea, peste 30 de senzori diferiți. |
| Global Ecosystem Dynamics Investigation (GEDI) on the International Space Station (ISS) | Altimeters - Radar and Laser (Lidar) | Light Detection and Ranging (LiDAR)  | Lidar                     | Oferă date prin care se pot cuantifica: distribuția carbonului de la sol la rezoluție spațială fină; modificările în concentrația carbonului în urma perturbării și recuperării ulterioare; distribuția spațială și temporală a structurii pădurii și relația acesteia cu habitatul și biodiversitatea; potențialul de dezvoltare a domeniilor forestiere în condițiile schimbărilor de utilizare a terenului și de climă.   |
| Global Precipitation Measurement (GPM)  | Altimeters - Radar and Laser (Lidar) | Dual-Frequency Precipitation Radar (DPR)   | Radar                     | Oferă observații de ultimă generație despre ploi și zăpadă pentru întreaga planetă la fiecare trei ore. Folosit pentru unificarea măsurătorilor de precipitații făcute de o rețea internațională de sateliți parteneri pentru a cuantifica când, unde și cât plouă sau ninge în întreaga lume.   |

|   |                                      |  |           |  |
|---|--------------------------------------|--|-----------|--|
| Ice, Cloud, and Land Elevation Satellite-2 (ICESat-2)   | Altimeters - Radar and Laser (Lidar) | Advanced Topographic Laser Altimeter System (ATLAS)  | Altimeter | Cuantificarea concentrațiilor din plăcile de gheață polară modificarea actuală și recentă a nivelului mării, precum și modificările straturilor de gheață datorate condițiilor climatice, a tiparelor regionale ale schimbărilor de gheață pentru a evalua ceea ce determină aceste schimbări și pentru a îmbunătăți modelele predictive de gheață. Estimarea grosimii gheții pentru a examina schimburile de energie, masă și umiditate între teren, oceane și atmosferă. Măsurarea înălțimii vegetației pentru a ajuta cercetătorii să estimeze cantitățile de biomasă pe suprafețe mari și modul în care biomasa se schimbă. Îmbunătățirea utilității altor sisteme de observare a Pământului prin susținerea cu date suplimentare. |
| Operation IceBridge (Airborne)                          | Altimeters - Radar and Laser (Lidar) | Airborne Topographic Mapper (ATM), Land, Vegetation and Ice Sensor (LVIS), UTIG LiDARs (UTIGL), UAF Airborne Scanning LiDAR (UASL)                                   | Altimeter | Cea mai mare cercetare aeriană a gheții polare a Pământului efectuată până în prezent. Creează o vedere tridimensională a straturilor de gheață arctică și antarctică, a straturilor de gheață și a gheții marine. Îi ajută pe oamenii de știință să elimine decalajul în observațiile polare ale gheții, datorate acoperirii cu nori, efectuate cu sateliții ICESat(Ice, Cloud and land Elevation Satellite) și ICESat-2.   |
| Operation IceBridge (Airborne)                          | Altimeters - Radar and Laser (Lidar) | Multichannel Coherent Radar Depth Sounder (MCoRDS), Snow Radar (SR), Accumulation Radar (AR), Ku-Band Radar Altimeter (KBRA), High Capability Radar Sounder (HiCARS) | Radar     |  |
| Ocean Surface Topography Mission/Jason-2 (OSTM/Jason-2) | Altimeters - Radar and Laser (Lidar) | Poseidon-3 Altimeter (PA)  | Altimeter | Efort comun între NASA, NOAA, France's Centre National d'Etudes Spatiales (CNES), și European Meteorological Satellite Organisation (EUMETSAT). Oferă înălțimi ale suprafeței mării pentru a determina circulația apei în mări și oceane, schimbările climatice și creșterea nivelului mării. Utilizează altimetru radar montat pe satelitul low-Earth orbiting satellite Jason-2.   |
| Altimetry Follow On/JASON-3                             | Altimeters - Radar and Laser (Lidar) | Poseidon-3B Altimeter (PA)   | Altimeter | Altimetrul radar Poseidon-3B dual-frequency (5.3 and 13.6 GHz) continuă să fie instrumentul cheie în acest program de observație spațială. Obiectivul este cartografierea suprafeței mării pentru calcularea vitezei actuale a circulației apei în oceane și măsurarea înălțimii valurilor oceanului și a vitezei vântului. Poseidon-3 are o precizie de măsurare identică cu predecesorul său Poseidon-2..  |
| Sentinel-1  | Altimeters - Radar and Laser (Lidar) | Synthetic Aperture Radar (SAR)   | Radar     | Concentrat pe monitorizarea terestră și oceanică și este compus din doi sateliți cu orbita polară care operează zi și noapte. Realizează imagini radar, permițând să se achiziționeze imagini indiferent de vreme.   |



|  |                                      |  |                    |  |
|--|--------------------------------------|--|--------------------|--|
| Soil Moisture Active Passive (SMAP)                          | Altimeters - Radar and Laser (Lidar) | L-Band Radar (LBR)   | Radar              | Observator orbitant care măsoară cantitatea de apă din primii 5 cm de sol de pe toată suprafața Pământului.  |
| Ground based   | Imaging Radar                        | Volume Imaging Lidar (VIL)   | Lidar              | Determină structura verticală a norilor (proiectele FIFE, FIRE și BOREAS).   |
| Uninhabited Aerial Vehicle Synthetic Aperture Radar (UAVSAR) | Imaging Radar                        | Synthetic Aperture Radar (SAR)   | Radar              | Uninhabited Aerial Vehicle Synthetic Aperture Radar(UAVSAR), este un instrument de radar imagistic care colectează măsurători cheie ale deformării Pământului. Atunci când operează pe aceeași zonă de mai multe ori, poate determina modul în care s-au schimbat caracteristicile terenului. Până în prezent, a fost folosit la studierea schimbărilor climatice din zona arctică și la examinarea deformațiilor Pământului după cutremure majore și vulcani.   |
| Gravity Recovery and Climate Experiment (GRACE)              | Ranging Instruments                  | K-Band Ranging System (KBR)  | Ranging Instrument | Instrumentul KBR cu dublă frecvență măsoară intervalul dintre sateliții GRACE cu o precizie extrem de ridicată.  |
| Gravity Recovery and Climate Experiment Follow-On (GRACE FO) | Ranging Instruments                  | K-Band Ranging Instrument Assembly (KBR), Laser Ranging Interferometer (LRI) | Ranging Instrument | Oferă măsurători de câmpuri gravitaționale cu rezoluție înaltă, în scopul de a urmări mișcarea pe scară largă a apei. GRACE-FO este următorul program după misiunea GRACE, lansată în 2002.  |
| Cyclone Global Navigation Satellite System (CYGNSS)          | Scatterometers                       | Delay Doppler Mapping Instrument (DDMI)                                      | Scatterometer      | Măsoară viteza vântului la suprafața oceanului în toate condițiile meteorologice, inclusiv în cele de ciclon tropical (Tropical Cyclone-TC). Măsoară viteza vântului la suprafața oceanului în miezul interior TC cu o frecvență suficientă pentru a rezolva procesele de geneză și intensificare rapidă. Acest studiu se va concentra pentru a înțelege fenomenele rezultate în urma efectului suprapus al caracteristicilor suprafeței oceanului, termodinamica atmosferică umedă, radiațiile și dinamica convectivă din miezul intern al unui TC. |

**Tabelul 4.5. Caracteristicile principale ale programelor satelitare care vor folosi sisteme senzoriale active. Misiuni viitoare[6]**

| Platforma  | Instrumentul   | Sistemul de operare                                       | Comentarii   |
|--|--|---|--|
| Atmospheric Carbon and Transport-America (Act-America)                 | MFL (Multi-Functional Fiber Laser Lidar), HSRL (High-Spectral Resolution Lidar), Cloud Physics Lidar (CPL), Picarro spectrometers etc. | Lidar, Spectrometer (Active Sensor, Passive Sensor)       | Program având misiunea de a promova capacitatea societății de a prezice și gestiona schimbările climatice viitoare și înțelegerea ciclului carbonului oferind informații esențiale în cuantificarea relevantă a politicilor viitoare privind gestionarea situațiilor create.   |
| Climate Absolute Radiance and Refractivity Observatory (CLARREO)       | Radio Occultation (RO)   | Radio Occultation (Active Sensor)                         | Program având misiunea de a oferi înregistrări climatice exacte, credibile și testate, care pun bazele deciziilor informate privind politicile de atenuare și adaptare care abordează efectele schimbărilor climatice asupra societății.   |
| North Atlantic Aerosols and Marine Ecosystems Study (NAAMES)           | High Spectral Resolution Lidar (HSRL), Spectrometer for Sky-Scanning Sun-Tracking Atmospheric Research (4STAR)                         | Lidar, Spectrometer (Active Sensor, Passive Sensor)       | Obiectivele principale sunt: caracterizarea proprietăților ecosistemului de plancton în fazele primare ale ciclului anual în Atlanticul de Nord și dependența acestora de schimbările climatice. Are și rolul de a determina cum interacționează fazele primare ale ciclului anual al planctonului Atlanticului de Nord pentru a recrea în fiecare an condițiile pentru o înflorire anuală. Oferă, de asemenea date privind modul în care aerosolii marini și norii sunt influențați de ecosistemele de plancton din Atlanticul de Nord. |
| NASA-ISRO SAR Mission (NISAR)  | L-band Synthetic Aperture Radar (L-SAR), S-band Synthetic Aperture Radar (S-SAR)   | Radar (Active Sensor)                                     | Misiunea comună cu Indian Space Research Organisation. Proiectat pentru a observa și a lua măsuri ale câtorva dintre cele mai complexe procese ale planetei, inclusiv tulburări ale ecosistemului, topirea ghețarilor și pericole naturale, cum ar fi cutremure, tsunami, vulcani și alunecări de teren.   |
| Observations of Aerosols above Clouds and their Interactions (ORACLES) | Polarimeter, Radar, LiDAR  | Radar, Lidar, Polarimeter (Active Sensor, Passive Sensor) | Determină impactul aerosolului aferent arderii de biomasă asupra proprietăților norilor și a echilibrului de radiații deasupra Atlanticului de Sud. Oferă posibilitatea înțelegerii la nivel înalt a interacțiunilor aerosol-nor, care pot fi aplicate la nivel global. Îmbunătățirea măsurătorilor viitoare prin colectarea seturilor de date test care pot fi utilizate pentru a verifica și perfecționa metodele de observare curente și viitoare și tehnicile de simulare.   |
| Satellites for Observation and Communications (SAOCOM)                 | Synthetic Aperture Radar (SAR)   | Radar (Active Sensor)                                     | Unul dintre obiectivele majore este elaborarea hărților de umiditate a solului pentru a oferi sprijin pentru aplicații agricole, hidrologice, pentru sănătate și pentru situații de urgență în general. Se încadrează în programul de validare planificată a umidității solului SMAP.  |
| Surface Water Ocean Topography (SWOT)                                  | Ka-band Radar Interferometer (KaRIn)   | Radar (Active Sensor)                                     | Oferă înălțimi ale suprafeței mării (Sea Surface Heights-SSH) și înălțimi de apă terestre pe o pantă lată de 120 km, cu afișare la fiecare 2 km x 2 km și o precizie medie de 0,8 cm atunci când este medie pe suprafață. Acoperă cel puțin 90 la sută din glob, misiunea fiind astfel programată ca golurile de informații să nu depășească 10% din suprafața Pământului.   |

**Bibliografie Cursul 4**

- [1]. <https://www.nrcan.gc.ca/maps-tools-publications/satellite-imagery-air-photos/remote-sensing-tutorials/introduction/passive-vs-active-sensing/14639>
- [2]. [https://www.nasa.gov/directorates/heo/scan/communications/outreach/funfacts/txt\\_passive\\_active.html](https://www.nasa.gov/directorates/heo/scan/communications/outreach/funfacts/txt_passive_active.html)
- [3]. <http://www.geol-amu.org/notes/mw4-2-2.htm>
- [4]. <https://gisgeography.com/passive-active-sensors-remote-sensing/>
- [5]. [https://www.esa.int/Education/7.\\_Active\\_sensors](https://www.esa.int/Education/7._Active_sensors)
- [6]. <https://earthdata.nasa.gov/learn/remote-sensors>
- [7]. Digital Elevation Models, Igor V. Florinsky, in Digital Terrain Analysis in Soil Science and Geology (Second Edition), 2016
- [8]. <https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/digital-elevation-models>
- [9]. Goyer, G. G.; R. Watson (September 1963). "The Laser and its Application to Meteorology". Bulletin of the American Meteorological Society. 44 (9): 564–575 [568].
- [10]. Lidar.cr.usgs.gov. 2015-09-16. Archived from the original on 2016-02-19
- [11]. Cracknell, Arthur P.; Hayes, Ladson (2007) [1991]. Introduction to Remote Sensing (2 ed.). London: Taylor and Francis.
- [12]. Carter, Jamie; Keil Schmid; Kirk Waters; Lindy Betzhold; Brian Hadley; Rebecca Mataosky; Jennifer Halleran (2012). "Lidar 101: An Introduction to Lidar Technology, Data, and Applications." (NOAA) Coastal Services Center"
- [13]. "Waymo Self-Driving Unit Sought Arbitration Over Engineer Now at Uber". nytimes.com. 2017-03-29
- [14]. Amzajerjian, Farzin; Pierrottet, Diego F.; Petway, Larry B.; Hines, Glenn D.; Roback, Vincent E. (2011-05-24). "Lidar Systems for Precision Navigation and Safe Landing on Planetary Bodies". International Symposium on Photoelectronic Detection and Imaging 2011: Laser Sensing and Imaging; and Biological and Medical Applications of Photonics Sensing and Imaging. 8192: 819202
- [15]. Oxford English Dictionary. 2013. p. Entry for "lidar".
- [16]. Macomber, Frank (June 3, 1963). "Space Experts Seek Harness for Powerful LASER Light". Bakersfield Californian (p. 5). Copley News Service
- [17]. [https://europa.eu/investeu/projects/high-intensity-laser-open-new-avenues-research\\_ro](https://europa.eu/investeu/projects/high-intensity-laser-open-new-avenues-research_ro)
- [18]. <http://www.eli-np.ro/>
- [19]. [https://www.waycon.biz/products/laser-sensors/?gclid=CjwKCAiArJvBRACEiwA-Wiqq2ueTmFHQ19ibD76gmYfd5nIz8AZjvH4XgN6ySupptP8Bqxuz VKL8BoCgGAQAvD\\_BwE](https://www.waycon.biz/products/laser-sensors/?gclid=CjwKCAiArJvBRACEiwA-Wiqq2ueTmFHQ19ibD76gmYfd5nIz8AZjvH4XgN6ySupptP8Bqxuz VKL8BoCgGAQAvD_BwE)
- [20]. [https://www.tt-insitu.com/en/services/?gclid=CjwKCAiArJvBRACEiwA-Wiqq8dC97-DI279aLi5\\_g4fprjzVGQO90sh22O2E4BmGpxOsVYKuG6VjhoCV0wQAvD\\_BwE#measuring-aligning](https://www.tt-insitu.com/en/services/?gclid=CjwKCAiArJvBRACEiwA-Wiqq8dC97-DI279aLi5_g4fprjzVGQO90sh22O2E4BmGpxOsVYKuG6VjhoCV0wQAvD_BwE#measuring-aligning)
- [21]. <https://www.aeroel.it/products.html>
- [22]. <https://www.unavco.org/instrumentation/geophysical/imaging/tls/tls.html>
- [23]. <https://www.lasertech.com/TruSense-Laser-Sensor.aspx>
- [24]. "Advanced Scientific Concepts Inc". advancedscientificconcepts.com.

- [25]. Mokey, Nick (2018-03-15). "A self-driving car in every driveway? Solid-state lidar is the key". Digital Trends.
- [26]. "Patent Details". technology.nasa.gov.
- [27]. "Imaging Flash Lidar for Autonomous Safe Landing and Spacecraft Proximity Operation" (PDF). <https://ntrs.nasa.gov>.
- [28]. Dietrich, Ann Brown, "Supporting Autonomous Navigation with Flash Lidar Images in Proximity to Small Celestial Bodies" (2017). CU Boulder Aerospace Engineering Sciences Graduate Theses & Dissertation
- [29]. Lee, Timothy B. (1 February 2019). "How 10 leading companies are trying to make powerful, low-cost lidar". Ars Technica.
- [30]. <https://phantomintelligence.com/en/products/>
- [31]. <http://www.advancedscientificconcepts.com/products/overview.html>
- [32]. Milligan, Thomas A. (2005). *Modern Antenna Design*, 2nd Ed. John Wiley & Sons. ISBN 0471720607.
- [33]. Balanis, Constantine A. (2015). *Antenna Theory: Analysis and Design*, 4th Ed. John Wiley & Sons. pp. 302–303. ISBN 1119178983.
- [34]. Stutzman, Warren L.; Thiele, Gary A. (2012). *Antenna Theory and Design*. John Wiley & Sons. p. 315. ISBN 0470576642.
- [35]. Lida, Takashi (2000). *Satellite Communications: System and Its Design Technology*. IOS Press. ISBN 4274903796.
- [36]. Laplante, Phillip A. (1999). *Comprehensive Dictionary of Electrical Engineering*. Springer Science and Business Media. ISBN 3540648356.
- [37]. Visser, Hubregt J. (2006). *Array and Phased Array Antenna Basics*. John Wiley & Sons. pp. xi. ISBN 0470871180.
- [38]. Golio, Mike; Golio, Janet (2007). *RF and Microwave Passive and Active Technologies*. CRC Press. p. 10.1. ISBN 142000672X.
- [39]. Mazda, Xerxes; Mazda, F. F. (1999). *The Focal Illustrated Dictionary of Telecommunications*. Taylor & Francis. p. 476. ISBN 0240515447.
- [40]. <https://www.analog.com/en/analog-dialogue/articles/phased-array-beamforming-ics-simplify-antenna-design.html>
- [41]. "Remote Sensors | Earthdata". earthdata.nasa.gov.
- [42]. "Advanced Scientific Concepts Inc". advancedscientificconcepts.com.
- [43]. Medina, Antonio. "Three Dimensional Camera and Rangefinder". January 1992. United States Patent 5081530.
- [44]. Medina A, Gayá F, Pozo F (2006). "Compact laser radar and three-dimensional camera". *J. Opt. Soc. Am. A*. 23 (4): 800–805. Bibcode:2006JOSAA..23..800M. doi:10.1364/josaa.23.000800. PMID 16604759
- [45]. <https://www.mdpi.com/2072-4292/10/1/108/htm>
- [46]. <https://prd-wret.s3-us-west-2.amazonaws.com/assets/palladium/production/s3fs-public/atoms/files/A5-hyperspectral-ISPRS-finland-thenkabail-2g.pdf>
- [47]. <https://www.yellowscan-lidar.com/applications-and-users/how-lidar-works>
- [48]. [https://inertiallabs.com/static/pdf/INS-Datasheet.rev3.9\\_Oct1\\_2019.pdf](https://inertiallabs.com/static/pdf/INS-Datasheet.rev3.9_Oct1_2019.pdf)
- [49]. [https://en.wikipedia.org/wiki/National\\_lidar\\_dataset](https://en.wikipedia.org/wiki/National_lidar_dataset)
- [50]. "ARS Study Helps Farmers Make Best Use of Fertilizers". USDA Agricultural Research Service. June 9, 2010.
- [51]. Brydegaard, Mikkel; Brydegaard, Mikkel; Brydegaard, Mikkel; Brydegaard, Mikkel; Kirkeby, Carsten; Kirkeby, Carsten; Ignell, Rickard; Jansson, Samuel; Jansson, Samuel (2017-05-14). "Multispectral polarimetric modulation spectroscopy for species and sex determination of Malaria disease vectors". *Conference on Lasers and Electro-Optics (2017)*, Paper ATh1B.2. Optical Society of America: ATh1B.2
- [52]. "Improvements in or relating to optical remote sensing systems for aerial and aquatic fauna, and use thereof". Google Patents.
- [53]. "EID; crater beneath canopy". Unb.ca. 2013-02-18..

- [54]. The Light Fantastic: Using airborne lidar in archaeological survey. English Heritage. 2010. p. 45.
- [55]. John Nobel Wilford (2010-05-10). "Mapping Ancient Civilization, in a Matter of Days". New York Times.
- [56]. Stephanie Pappas (May 15, 2013). "Ruins of Lost City May Lurk Deep in Honduras Rain Forest". Live Science.
- [57]. Douglas Preston (2 Mar 2015). "Lost City Discovered in the Honduran Rain Forest". National Geographic.
- [58]. "Jungle surrenders its lost city". Smh.com.au. 2013-06-14.
- [59]. Johnson, Katharine M; Ouimet, William B (2014). "Rediscovering the lost archaeological landscape of southern New England using airborne light detection and ranging [60](LiDAR)". *Journal of Archaeological Science*. 43: 9–20. doi:10.1016/j.jas.2013.12.004.
- [61]. Edwin Cartlidge (2014-01-10). "Lasers Unearth Lost 'Agropolis' of New England | Science | AAAS". News.sciencemag.org.
- [62]. ""Lost" New England Revealed by High-Tech Archaeology". News.nationalgeographic.com. 2014-01-03..
- [63]. Evans, D.H.; Fletcher, R.J.; et al. (2013). "Uncovering archaeological landscapes at Angkor using lidar". *PNAS*. 110 (31): 12595–12600. Bibcode:2013PNAS..11012595E. doi:10.1073/pnas.1306539110. PMC 3732978. PMID 23847206.
- [64]. Davis, Nicola (February 15, 2018). "Laser scanning reveals 'lost' ancient Mexican city 'had as many buildings as Manhattan'". The Guardian – via www.theguardian.com.
- [65]. "LiDAR Scans Reveal Maya Civilization's Sophisticated Network of Roads". <https://www.smithsonianmag.com/smart-news/lidar-scans-maya-network-roads-180961995/>.
- [66]. "Ancient Mayan Superhighways Found in the Guatemala Jungle". 2017-01-27.
- [67]. "This Ancient Civilization Was Twice As Big As Medieval England". 2018-02-01.
- [68]. "Archaeologists Find Ancient Lost Cities Using Lasers". www.msn.com..
- [69]. "This Ancient Civilization Was Twice As Big As Medieval England". National Geographic News. 2018-02-01  
"Sprawling Maya network discovered under Guatemala jungle". 2018-02-02.
- [70]. "ARCHAEOLOGISTS FIND ANCIENT MAYAN LOST CITIES IN GUATEMALA USING LASERS". NEWSWEEK. 2018-09-29.
- [71]. Little, Becky. "Lasers Reveal 60,000 Ancient Maya Structures in Guatemala". HISTORY.
- [72]. "Hidden Ancient Mayan 'Megalopolis' With 60,000 Structures Discovered in Guatemala Using Lasers". www.yahoo.com.
- [73]. Hwang, Soonmin; Kim, Namil; Choi, Yukyung; Lee, Seokju; So Kweon, In (2016). Fast Multiple Objects Detection and Tracking Fusing Color Camera and 3D LIDAR for Intelligent Vehicles. 13th International Conference on Ubiquitous Robots and Ambient Intelligence (URAI). ISBN 978-1-5090-0821-6.
- [74]. [https://www.researchgate.net/publication/334328909\\_Use\\_Density-Based\\_Spatial\\_Clustering\\_of\\_Applications\\_with\\_Noise\\_DBSCAN\\_Algorithm\\_to\\_Identify\\_Galaxy\\_Cluster\\_Members](https://www.researchgate.net/publication/334328909_Use_Density-Based_Spatial_Clustering_of_Applications_with_Noise_DBSCAN_Algorithm_to_Identify_Galaxy_Cluster_Members)
- [75]. Cheng, Ming-Ming; Zhang, Ziming; Lin, Wen-Yan; Torr, Philip (2014). BING: Binarized normed gradients for objectness estimation at 300fps. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. ISBN 978-1-4799-5118-5.
- [76]. Girshick, Ross (2015). "Fast R-CNN". 2015 IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV). pp. 1440–1448. doi:10.1109/ICCV.2015.169. ISBN 978-1-4673-8391-2.
- [77]. E. Johnson, Andrew; Hebert, Martial (1999). "Using spin images for efficient object recognition in cluttered 3D scenes" (PDF). *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. 21 (5): 433–449. doi:10.1109/34.765655. ISSN 0162-8828.

- [78]. Xu, Philippe; Davoine, Franck; Denoeux, Thierry (September 2014). "Evidential combination of pedestrian detectors". Proceedings British Machine Vision Conference, BMVA Press.
- [79]. <https://arxiv.org/abs/1504.08083>
- [80]. [https://www.researchgate.net/publication/320347018\\_LiDAR\\_for\\_ecology\\_and\\_conservation\\_-\\_WWF\\_Conservation\\_Technology\\_Series\\_3](https://www.researchgate.net/publication/320347018_LiDAR_for_ecology_and_conservation_-_WWF_Conservation_Technology_Series_3)
- [81]. "Lidar Links of Use in Mapping". Lidarbasemaps.org. Retrieved 2016-02-22.
- [82]. Councillor Quarterly, Summer 2007 Volume 6 Issue 3
- [83]. Kiss, K., Malinen, J. & Tokola, T. (2015). Forest road quality control using ALS data. *Can. J. Forest Res.*, 45, 1636-1642.
- [84]. Kiss, K., Malinen, J. & Tokola, T. (2016). Comparison of high and low density airborne LiDAR data for forest road quality assessment. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume III-8, 167-172.
- [85]. MacArthur, R.H. & MacArthur, J.W. (1961). On bird species diversity. *Ecology*, 42, 594–598.
- [86]. Vierling, K.T., Vierling, L.A., Gould, W.A., Martinuzzi, S. & Clawges, R.M. (2008). LiDAR: shedding new light on habitat characterization and modeling. *Front. Ecol. Environ.*, 6, 90-98.
- [87]. Vierling, L.A., Vierling, K.T., Adam P. & Hudak, A.T. (2013). Using satellite and airborne LiDAR to model woodpecker habitat occupancy at the landscape scale. *PLoS One*, 8, e80988.
- [88]. Hughes, M. W.; Quigley, M. C; van Ballegooy, S.; Deam, B. L.; Bradley, B. A.; Hart, D. E. (2015). "The sinking city: Earthquakes increase flood hazard in Christchurch, New Zealand". *GSA Today*. 25 (3): 4–10. doi:10.1130/Geology. Retrieved 2016-02-22.
- [89]. Cunningham, Dickson; Grebby, Stephen; Tansey, Kevin; Gosar, Andrej; Kastelic, Vanja (2006). "Application of airborne LiDAR to mapping seismogenic faults in forested mountainous terrain, southeastern Alps, Slovenia" (PDF). *Geophysical Research Letters*. 33 (20): L20308. Bibcode:2006GeoRL..3320308C.
- [90]. Rabatel, Antoine; Deline, Philip; Jaillet, Ste'phane; Ravanel, Ludovic (28 May 2008). "Rock falls in high-alpine rock walls quantified by terrestrial lidar measurements: A case study in the Mont Blanc area". *Geophysical Research Letters*. 35 (10): L10502. Bibcode:2008GeoRL..3510502R.
- [91]. <https://icesat.gsfc.nasa.gov/>
- [92]. [https://www.nasa.gov/mission\\_pages/icebridge/instruments/atm.html](https://www.nasa.gov/mission_pages/icebridge/instruments/atm.html)
- [93]. Li, T. (2011). "Middle atmosphere temperature trend and solar cycle revealed by long-term Rayleigh lidar observations". *J. Geophys. Res.* 116: D00P05. Bibcode:2011JGRD.
- [94]. Thomas D. Wilkerson, Geary K. Schwemmer, and Bruce M. Gentry. LIDAR Profiling of Aerosols, Clouds, and Winds by Doppler and Non-Doppler Methods, NASA International H2O Project (2002) Archived 2007-08-22 at the Wayback Machine.
- [95]. 'Earth Explorers: ADM-Aeolus', ESA.org (European Space Agency, 6 June 2007).
- [96]. 'Doppler lidar gives Olympic sailors the edge', Optics.org (3 July, 2008).
- [97]. Clive, P. J. M., The emergence of eolics, TEDx University of Strathclyde (2014).
- [98]. <https://airbornescience.nasa.gov/instrument/ATM>
- [99]. [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lidar\\_sketch.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lidar_sketch.png)
- [100]. <http://www.isdc.unige.ch/jemeuso/>
- [101]. <https://www.renderhub.com/gallery/1386/agm-129-acm>

- [102]. "Areté". Archived from the original on September 4, 2011.
- [103]. "NATO Laser Based Stand-Off Detection of biological Agents". Rta.nato.int. Archived from the original on 2011-07-20.
- [104]. "Short-Range Bioaerosol Threat Detection Sensor (SR-BioSpectra)". Ino.ca.
- [105]. "Defense & Security Intelligence & Analysis: IHS Jane's | IHS". Articles.janes.com.
- [106]. Spice, Byron. Researchers Help Develop Full-Size Autonomous Helicopter Archived 2011-06-08 at the Wayback Machine Carnegie Mellon, 6 July 2010.
- [107]. Koski, Olivia. In a First, Full-Sized Robo-Copter Flies With No Human Help Wired, 14 July 2010.
- [108]. <https://www.yumpu.com/en/document/read/26905704/ladar-vs-radar/7>
- [109]. <https://www.miningmagazine.com/technology-innovation/news/1364623/mine-vision-systems-peck-tech-joining-forces>
- [110]. <http://www.lidar-uk.com/usage-of-lidar/>
- [111]. "Volume Measuring". 3dlasermapping.com. Archived from the original on 2014-04-04.
- [112]. Modular Mining Systems#Autonomous Haulage Systems
- [113]. <https://www.ceinsys.com/blog/terrestrial-laser-scanning-in-mining/>
- [114]. NASA. 'NASA Mars Lander Sees Falling Snow, Soil Data Suggest Liquid Past' NASA.gov (29 September 2008).
- [115]. "Cloud-Aerosol Lidar with Orthogonal Polarization (CALIOP)". NASA.
- [116]. CW Gowers. 'Focus On : Lidar-Thomson Scattering Diagnostic on JET' JET.EFDA.org (undated). Retrieved 8 August 2007. Archived September 18, 2007, at the Wayback Machine
- [117]. <http://pcl.physics.uwo.ca/>
- [118]. <https://www.naic.edu/ao/scientist-user-portal/atmospheric/instruments/LIDAR>
- [119]. <https://www.google.com/maps/place/Observatorul+Arecibo/@18.346407,-66.7550083,17z/data=!4m5!3m4!1s0x8c02db84dca94fc1:0x1ce481f2793da25518m2!3d18.3464019!4d-66.7528196>
- [120]. Szulwic, Jakub; Burdziakowski, Paweł; Janowski, Artur; Przyborski, Marek; Tysiąc, Paweł; Wojtowicz, Aleksander; Kholodkov, Arthem; Matysik, Krzysztof; Matysik, Maciej (2015). "Maritime Laser Scanning as the Source for Spatial Data". Polish Maritime Research. 22 (4): 9–14. doi:10.1515/pomr-2015-0064.
- [121]. "Bathymetric LiDAR". home.iitk.ac.in.
- [122]. [http://www.geog.ucsb.edu/~jeff/115a/remote\\_sensing/radar/radar1.html](http://www.geog.ucsb.edu/~jeff/115a/remote_sensing/radar/radar1.html)
- [123]. <https://www.spar3d.com/blogs/the-other-dimension/if-you-want-smart-cities-you-need-lidar-a-conversation-with-the-digit-group-ceo-paul-doherty/>
- [124]. <http://epitas.in/smart-city-implementation-using-gis-lidar-in-india/>
- [125]. [http://www.geog.ucsb.edu/~jeff/115a/remote\\_sensing/radar/radarofdsanfran.jpg](http://www.geog.ucsb.edu/~jeff/115a/remote_sensing/radar/radarofdsanfran.jpg)
- [126]. [http://www.geog.ucsb.edu/~jeff/115a/remote\\_sensing/radar/farm\\_color\\_photo\\_allinglb.jpg](http://www.geog.ucsb.edu/~jeff/115a/remote_sensing/radar/farm_color_photo_allinglb.jpg)
- [127]. [http://www.geog.ucsb.edu/~jeff/115a/remote\\_sensing/radar/farm\\_radar\\_allingmearzxhhlvvlhv.jpg](http://www.geog.ucsb.edu/~jeff/115a/remote_sensing/radar/farm_radar_allingmearzxhhlvvlhv.jpg)
- [128]. [http://www.geog.ucsb.edu/~jeff/115a/remote\\_sensing/radar/death3d\\_ground\\_photo\\_srl1\\_death\\_valley.jpg](http://www.geog.ucsb.edu/~jeff/115a/remote_sensing/radar/death3d_ground_photo_srl1_death_valley.jpg)
- [129]. [http://www.geog.ucsb.edu/~jeff/115a/remote\\_sensing/radar/death3d\\_sic\\_c\\_srl1\\_death\\_valley.jpg](http://www.geog.ucsb.edu/~jeff/115a/remote_sensing/radar/death3d_sic_c_srl1_death_valley.jpg)

- [130]. [http://www.geog.ucsb.edu/~jeff/115a/remote\\_sensing/radar/radar1.html](http://www.geog.ucsb.edu/~jeff/115a/remote_sensing/radar/radar1.html)
- [131]. [http://www.geog.ucsb.edu/~jeff/115a/remote\\_sensing/radar/radar2.html](http://www.geog.ucsb.edu/~jeff/115a/remote_sensing/radar/radar2.html)
- [132]. <https://www.elprocus.com/radar-basics-types-and-applications/>
- [133]. Translation Bureau (2013). "Radar definition". Public Works and Government Services Canada
- [134]. "The history of radar, from aircraft radio detectors to airborne radar". kret.com. 17 February 2015.
- [135]. Alan Dower Blumlein (2002). "The story of RADAR Development"
- [136]. Goebel, Greg (1 January 2007). "The Wizard War: WW2 & The Origins Of Radar"
- [137]. "Radar Modulator". radartutorial.eu.
- [138]. [https://en.wikipedia.org/wiki/Radar#/media/File:Radar\\_composantes.svg](https://en.wikipedia.org/wiki/Radar#/media/File:Radar_composantes.svg)
- [139]. [https://www.radartutorial.eu/02.basics/pic/bsp\\_CW\\_radar.print.png](https://www.radartutorial.eu/02.basics/pic/bsp_CW_radar.print.png)
- [140]. <https://www.mwrf.com/technologies/systems/article/21846409/radar-grows-from-military-tool-to-everyday-use>
- [141]. <https://www.lockheedmartin.com/en-us/index.html>
- [142]. <https://www.lockheedmartin.com/en-us/news/features/2019-features/how-laser-weapons-are-changing-the-defense-equation.html>
- [143]. <https://www.raytheon.com/capabilities/products/spy6-radars>
- [144]. [https://www.navy.mil/navydata/fact\\_display.asp?cid=4200&tid=900&ct=4](https://www.navy.mil/navydata/fact_display.asp?cid=4200&tid=900&ct=4)
- [145]. <https://www.radartutorial.eu/19.kartei/03.atc/karte003.en.html>
- [146]. <http://web.mit.edu/6.933/www/Fall2000/mode-s/atcrbs.html>
- [147]. [https://www.bgr.bund.de/EN/Themen/GG\\_Fernerkundung/Radarfernerkundung/radarfernerkundung\\_node\\_en.html](https://www.bgr.bund.de/EN/Themen/GG_Fernerkundung/Radarfernerkundung/radarfernerkundung_node_en.html)
- [148]. <https://www.radartutorial.eu/20.airborne/ab07.en.html>
- [149]. <https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/radar-remote-sensing>
- [150]. <https://www.spiedigitallibrary.org/journals/journal-of-applied-remote-sensing/volume-12/issue-04/046027/Above-ground-biomass-estimates-based-on-active-and-passive-microwave/10.1117/1.JRS.12.046027.full?SSO=1>
- [151]. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5948625/>
- [152]. [https://www.ncbi.nlm.nih.gov/core/lw/2.0/html/tileshop\\_pmc/tileshop\\_pmc\\_inline.html?title=Click%20on%20image%20to%20zoom&p=PMC3&id=5948625\\_sensors-18-01212-g004.jpg](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/core/lw/2.0/html/tileshop_pmc/tileshop_pmc_inline.html?title=Click%20on%20image%20to%20zoom&p=PMC3&id=5948625_sensors-18-01212-g004.jpg)
- [153]. [https://www.usgs.gov/centers/ca-water-ls/science/interferometric-synthetic-aperture-radar-insar?qt-science\\_center\\_objects=0#qt-science\\_center\\_objects](https://www.usgs.gov/centers/ca-water-ls/science/interferometric-synthetic-aperture-radar-insar?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects)
- [154]. <http://www.spacedaily.com/news/eo-05zzzzzzk.html>
- [155]. [https://www.esa.int/About\\_Us/ESA\\_Publications/InSAR\\_Principles\\_Guidelines\\_for\\_SAR\\_Interferometry\\_Processing\\_and\\_Interpretation\\_br\\_ESA\\_TM-19](https://www.esa.int/About_Us/ESA_Publications/InSAR_Principles_Guidelines_for_SAR_Interferometry_Processing_and_Interpretation_br_ESA_TM-19)
- [156]. <https://www.chandrayaan-i.com/index.php/chandrayaan-1/chandrayaan-1-payloads/llri-isro.html>
- [157]. "Scatterometry & Ocean Vector Winds: Satellite Studies". Florida State University.
- [158]. Darling, David (2010), ADEOS (Advanced Earth Observing Satellite), Dundee: The Internet Encyclopedia of Science



- [159]. Earth Observation Portal (2008), ADEOS (Advanced Earth Observing Satellite) / Midori, Frascati, Italy: ESA Centre for Earth Observation, archived from the original on 21 July 2011
- [160]. ADEOS Project Overview (1998), Advanced Earth Observing Satellite, Chōfu, Tokyo: Japan Aerospace Exploration Agency
- [161]. Earth Observation Research and Application Center (2005), Advanced Earth Observing Satellite, Chōfu, Tokyo: Japan Aerospace Exploration Agency
- [162]. Satellite News Digest (2006), Midori I (ADEOS I), Luebeck, Germany: Sat-ND
- [163]. Satellite News Digest (2003), Midori II (ADEOS II), Luebeck, Germany: Sat-ND
- [164]. Earth Observation Research and Application Center, [https://www.dlr.de/eoc/en/desktopdefault.aspx/tabid-5277/8858\\_read-15912/](https://www.dlr.de/eoc/en/desktopdefault.aspx/tabid-5277/8858_read-15912/)
- [165]. <https://www.eorc.jaxa.jp/en/research/>
- [166]. "ADEOS I - Orbit", <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/a/adeos>
- [167]. Earth Observation Portal, <https://eoportal.org/web/eoportal/home>
- [168]. Satellite News Digest, <https://www.sat-nd.com/>
- [169]. International Laser Ranging Service, <https://ilrs.cddis.eosdis.nasa.gov/>
- [170]. <https://eospsso.nasa.gov/missions/advanced-earth-observing-satellite>
- [171]. [https://books.google.ro/books?id=vorbkIMHU-0C&pg=PA687&lpg=PA687&dq=ADEOS+I+\(Advanced+Earth+Observing+Satellite+1\)\(&source=bl&ots=oAdiS7cHeg&sig=ACfU3U1cWAAPHPEd0-APu-NcpM524RkimQ&hl=ro&sa=X&ved=2ahUKEwjU9Je838PmAhXOSsAKHTS zCGcQ6AEwBXoECAsQAQ#v=onepage&q=ADEOS%20I%20\(Advanced%20Earth%20Observing%20Satellite%201\)\(&f=false](https://books.google.ro/books?id=vorbkIMHU-0C&pg=PA687&lpg=PA687&dq=ADEOS+I+(Advanced+Earth+Observing+Satellite+1)(&source=bl&ots=oAdiS7cHeg&sig=ACfU3U1cWAAPHPEd0-APu-NcpM524RkimQ&hl=ro&sa=X&ved=2ahUKEwjU9Je838PmAhXOSsAKHTS zCGcQ6AEwBXoECAsQAQ#v=onepage&q=ADEOS%20I%20(Advanced%20Earth%20Observing%20Satellite%201)(&f=false)
- [172]. <https://winds.jpl.nasa.gov/missions/quikscat/>
- [173]. <https://manati.star.nesdis.noaa.gov/datasets/QuikSCATData.php>
- [174]. <https://www.wmo-sat.info/oscar/satellites/view/605>
- [175]. <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/s/scatsat-1>
- [176]. [http://www.ioccg.org/sensors/OCEANSAT\\_2.pdf](http://www.ioccg.org/sensors/OCEANSAT_2.pdf)
- [177]. <https://www.n2yo.com/satellite/?s=35931>
- [178]. <https://www.jpl.nasa.gov/missions/international-space-station-rapid-scatterometer-iss-rapidscat/>
- [179]. <https://www.eumetsat.int/website/home/Satellites/CurrentSatellites/Metop/MetopDesign/ASCAT/index.html>
- [180]. <https://www.nasa.gov/cygnss/>
- [181]. <https://www.nasa.gov/cygnss/overview>
- [182]. <https://winds.jpl.nasa.gov/aboutscatterometry/history/>
- [183]. <https://earth.esa.int/web/eoportal/satellite-missions/q/quikscat>
- [184]. <http://www.eumetrain.org/data/4/438/navmenu.php?tab=2&page=3.0.0>
- [185]. <http://ceos.org/ourwork/virtual-constellations/osvw/>
- [186]. [http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/ccl/guide/documents/english/WMO\\_100\\_en-chap2.pdf](http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/ccl/guide/documents/english/WMO_100_en-chap2.pdf)
- [187]. "AIRS Mission Objectives". NASA/JPL.
- [188]. [https://airs.jpl.nasa.gov/mission\\_and\\_instrument/mission](https://airs.jpl.nasa.gov/mission_and_instrument/mission)

- [189]. [https://www.nasa.gov/mission\\_pages/a-train/a-train.html](https://www.nasa.gov/mission_pages/a-train/a-train.html)
- [190]. <https://earthdata.nasa.gov/eosdis/daacs/gedisc>
- [191]. [https://www.star.nesdis.noaa.gov/smcd/spb/LANDEM/instr\\_AIRS.php](https://www.star.nesdis.noaa.gov/smcd/spb/LANDEM/instr_AIRS.php)
- [192]. [https://airs.jpl.nasa.gov/data/carbon\\_dioxide](https://airs.jpl.nasa.gov/data/carbon_dioxide)
- [193]. <https://ieeexplore.ieee.org/document/1196043>
- [194]. [https://en.wikipedia.org/wiki/Atmospheric\\_infrared\\_sounder](https://en.wikipedia.org/wiki/Atmospheric_infrared_sounder)
- [195]. [https://www.nasa.gov/mission\\_pages/a-train/a-train.html](https://www.nasa.gov/mission_pages/a-train/a-train.html)

## 5. Imagini satelitare. Rezoluția imaginilor satelitare. Înregistrări pancromatice, multispectrale și hiperspectrale

### 5.1. Scurt istoric

Cele mai importante momente din istoria imaginilor de teledetecție spațială sunt considerate [1-23] a fi următoarele:

- Primele imagini de la o altitudine mare au fost luate, de balonul de mare înălțime Explorer II în 1935, aparținând US Force, care a fost lansat la ora 8:00 în data de 11 noiembrie 1935 de la Stratobowl din Dakota de Sud și a atins o altitudine record de 22.066 m. Balonul cu heliu transporta un echipaj format din doi oameni format din căpitanii trupelor aeriene ale armatei S.U.A., Albert W. Stevens și Orvil A. Anderson, în interiorul unei cabine sferice sigilate. Echipajul a aterizat în siguranță lângă Lacul Alb, Dakota de Sud, la 16:13 și ambii au fost apreciați ca eroi naționali. Instrumentele științifice transportate de balon au oferit imagini și informații utile despre stratosferă;
- Primele imagini din spațiu au fost luate pe zboruri sub-orbitale. Prima dintre acestea a fost preluată de racheta White Sands (denumirea oficială V-2 nr. 13), care a fost o rachetă V-2 (al cărei nume tehnic a fost Agregat-4, care a fost prima rachetă balistică cu rază lungă de acțiune dezvoltată în timpul celui de-al Doilea Război Mondial în Germania, cu scopul expres de a fi folosită împotriva Londrei, iar mai târziu a Antwerpenului) modificată, lansată de SUA pe 24 octombrie 1946 de la White Sands, New Mexico și care a preluat câte o imagine la fiecare 1,5 secunde. Cu un apogeu de 105 km, aceste fotografii au fost preluate de la o altitudine de cinci ori mai mare decât recordul precedent. Celebra fotografie a fost făcută cu o cameră foto de 35 mm, alb-negru, DeVry (produsă de DeVry Corporation, Chicago) atașată la rachetă;
- Primele fotografii din satelit (orbitale) ale Pământului au fost realizate pe 14 august 1959 de către satelitul S.U.A Explorer 6, un satelit mic, sferoid, conceput pentru a studia radiațiile produse de diverse energii, razele cosmice galactice, geomagnetismul, propagarea radio în atmosfera superioară și fluxul micrometeoritelor. De asemenea, a testat un dispozitiv de scanare proiectat pentru fotografierea acoperirii cu nori ai Pământului. Satelitul a fost lansat pe o orbită extrem de eliptică, cu un timp local inițial de apogeu de 2100 h. Satelitul a fost stabilizat pe o direcție a axei de rotire având o ascensiune dreaptă de 217 grade și o declinare de 23 grade. Fiecare experiment, cu excepția scannerului de televiziune, a avut două ieșiri, digitale și analogice. A fost utilizat un transmițător UHF pentru telemetria digitală și semnalul TV. Două emițătoare VHF au fost utilizate pentru a transmite semnalul analogic. Transmițătorile VHF au fost operate continuu. Transmițătorul UHF a funcționat doar câteva ore în fiecare zi.;
- Primele fotografii din satelit ale Lunii au fost făcute de satelitul Luna 3 sau E-2A nr.1, care a fost o navă spațială sovietică lansată la data de 6 octombrie 1959, ca parte a programului Luna. A fost prima misiune de a fotografia partea îndepărtată a Lunii și a treia sondă spațială sovietică care a fost trimisă în vecinătatea Lunii. Imaginile preluate devenite istorice, deoarece în premieră prezentau partea îndepărtată a Lunii, au provocat emoție și interes atunci când au fost publicate în întreaga lume, iar un Atlas al părții îndepărtate a Lunii a fost creat după prelucrarea și îmbunătățirea imaginilor. Acestea au prezentat un teren montan, foarte diferit de partea apropiată și două regiuni întunecate, joase, care au fost numite Marea Moscovei și Marea Dorinței. Motivul acestei diferențe între cele două părți ale Lunii nu este încă înțeles pe deplin;
- Fotografia Blue Marble a fost preluată din spațiu la data de 7 decembrie 1972 de către echipajul misiunii Apollo 17 de la o distanță de aproximativ 45 000 km de Terra și a devenit foarte populară în mass-media și în rândul publicului. Imaginea este una dintre puținele în care planeta apare complet iluminată, dat fiind faptul că astronauții au avut în spate Soarele în momentul declanșării;

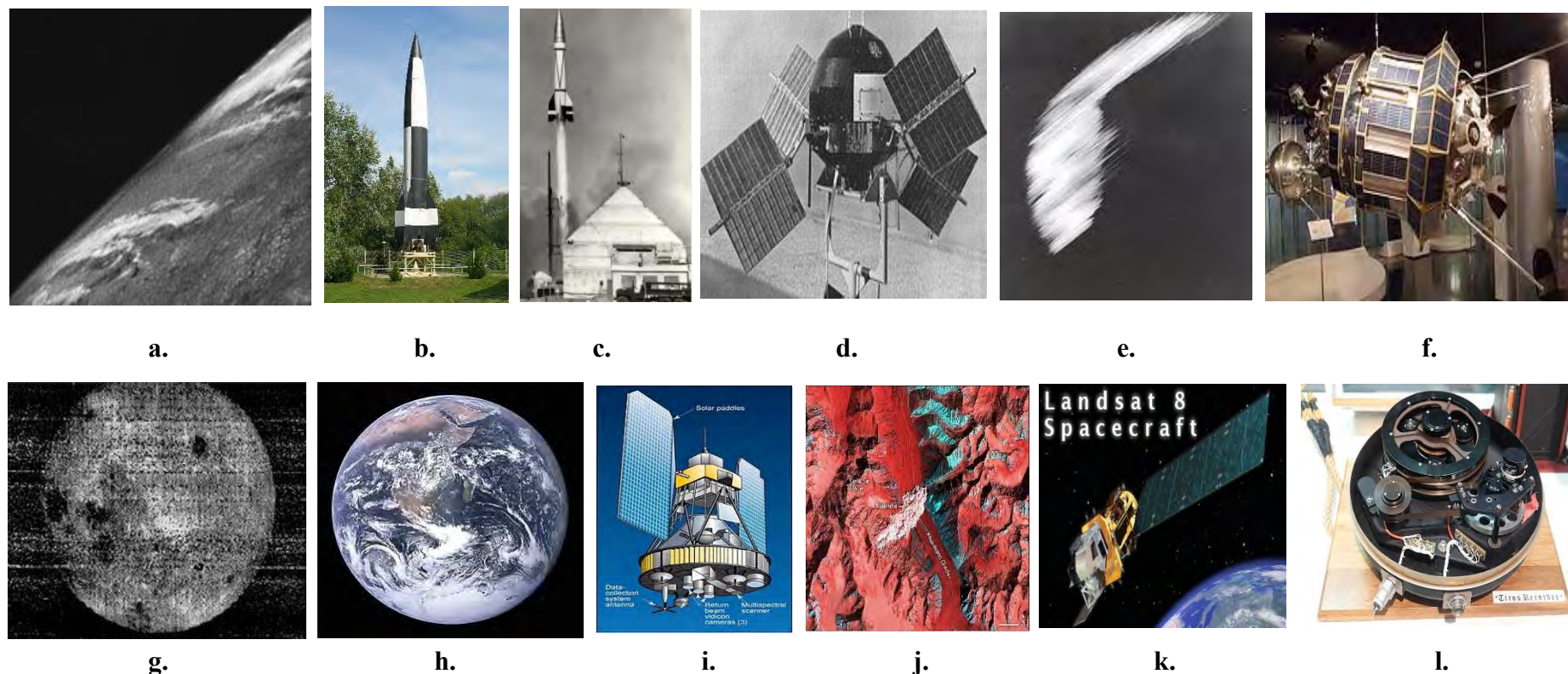


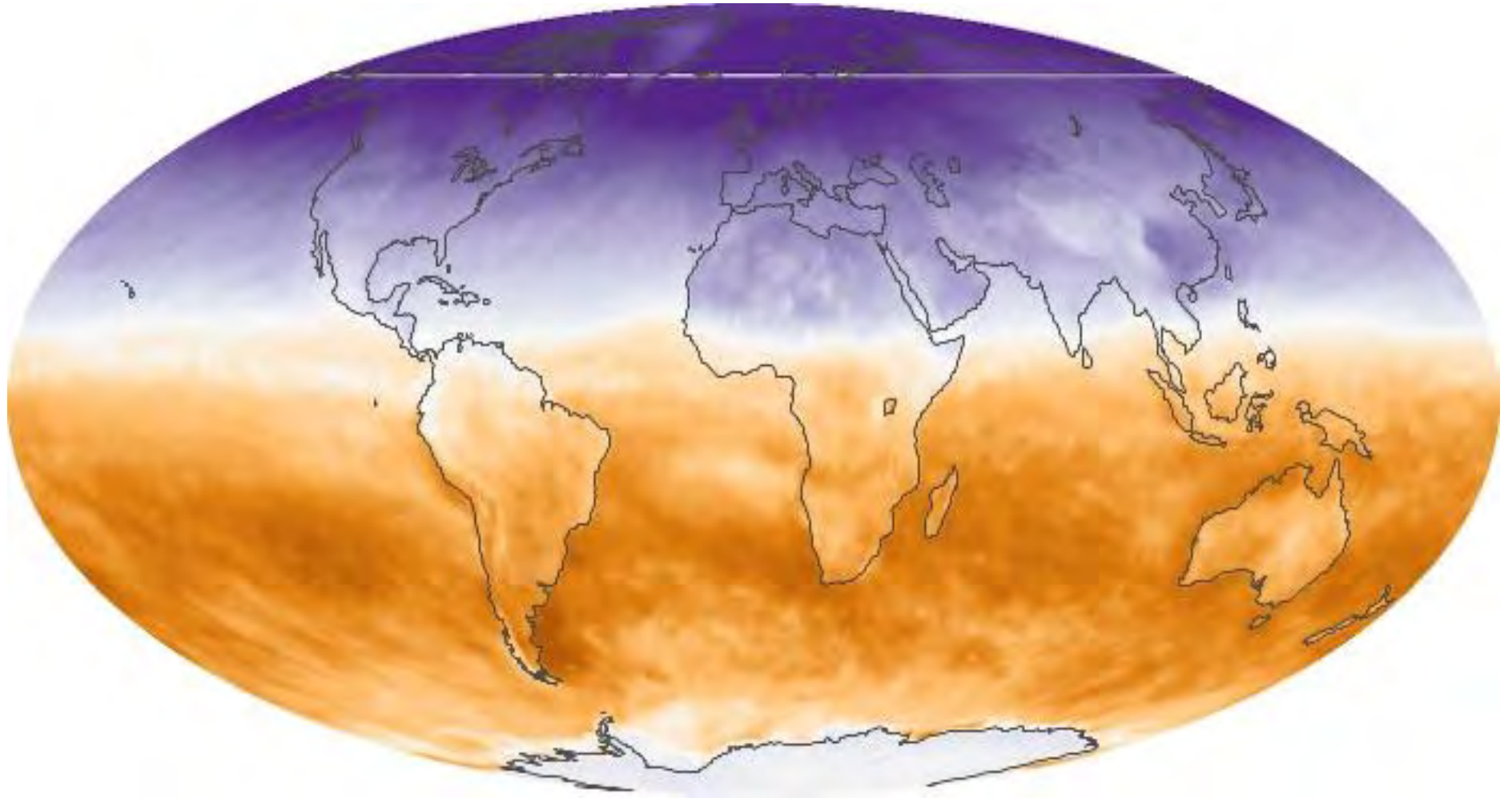
Figura 5.1. a. Primele imagini din spațiu au fost luate de racheta sub-orbitală V-2 lansată de SUA la data de 24 octombrie 1946[13], b. Racheta germane V2, reconstituită la muzeul Peenemünde, Germania[14], c. Lansarea rachetei V-2[15], d. Explorer 6, sau S-2, a fost un satelit american lansat pe 7 august 1959[16,17], e. Prima imagine realizată de Explorer 6 prezintă o zonă luminată de soare din Oceanul Pacific Central și acoperirea sa de nori. Fotografia a fost făcută când satelitul se afla la aproximativ 27.000 km deasupra suprafeței pământului la 14 august 1959. La vremea respectivă, satelitul traversa Mexicul[16], f. Satelitul sovietic Luna 3 lansat la data de 6 octombrie 1959, g. Prima imagine returnată de Luna 3 a arătat că partea îndepărtată a Lunii era foarte diferită de cea apropiată[18], h. Blue Marble, fotografie a Pământului realizată în 7 decembrie 1972 de către echipajul misiunii Apollo 17 de la o distanță de aproximativ 45 000 km de Terra[19], i. Landsat 1-3[20], j. Imagine a unei avalanșe mari, transmisă de Landsat-5 pe 17 aprilie 1996[21], k. Satelitul Landsat 8[22], l. Prototip al înregistratorului de date cu bandă magnetică, aflat pe Tiros I, care a fost proiectat pentru a înregistra și reda primele imagini televizate din spațiu, instrumental se află la Muzeul Național al Aerului și Spațiului (Steven F. Udvar-Hazy Center) din Chantilly, Virginia, SUA[23]

- Începând cu 1972, seria satelitelor de observație a Pământului, NASA/ U.S. Geological Survey Landsat series of Earth Observation satellites, au achiziționat continuu imagini spațiale ale suprafeței terestre a Pământului, oferind date cu privire la resursele noastre naturale și la mediu. Programul Landsat reprezintă cel mai mare program de achiziție de imagini ale Pământului din spațiu și este o parte a Programului National Land Imaging (NLI) al USGS;
- Lansat pe 11 februarie 2013, Landsat 8 (fosta misiune Landsat Data Continuity, LDCM) este cel mai recent lansat satelit Landsat. Colectează date și imagini valoroase utilizate în agricultură, educație, afaceri, știință și guvern. În prezent, datele de la navele spațiale Landsat constituie cea mai lungă înregistrare a suprafețelor continentale ale Pământului așa cum se vede din spațiu fiind înregistrări de neegalat ca și calitate, detaliu, acoperire și valoare.
- Prima imagine de televiziune a Pământului din spațiu a fost transmisă de la satelitul meteorologic TIROS-1 în 1960. Programul TIROS a fost primul pas experimental al NASA pentru a determina dacă sateliții ar putea fi utili în studiul Pământului. La acea vreme, eficiența observațiilor prin satelit era încă neprobată. Prima prioritate a Programului TIROS 1 a fost dezvoltarea unui sistem de informații meteorologice prin satelit. Prognoza meteo a fost considerată cea mai promițătoare aplicare a observațiilor bazate pe spațiu. TIROS a început acoperirea continuă a vremii Pământului în 1962 și a fost folosit de meteorologii din întreaga lume.
- Toate imaginile din satelit produse de NASA sunt publicate de NASA Earth Observatory și sunt libere publicului. Câteva alte țări au programe de imagistică prin satelit, de exemplu programele spațiale europene prin care s-au lansat sateliții ERS și Envisat care transportă diverși senzori c transmit continuu imagi ale Pământului. Există, de asemenea, companii private care furnizează imagini comerciale prin satelit.
- La începutul secolului 21, imaginile prin satelit au devenit disponibile pe scară largă atunci când software-ul accesibil, ușor de utilizat cu acces la bazele de date cu imagini prin satelit a fost oferit de mai multe companii și organizații.

## 5.2. Caracteristici ale datelor oferite de imaginile din satelit

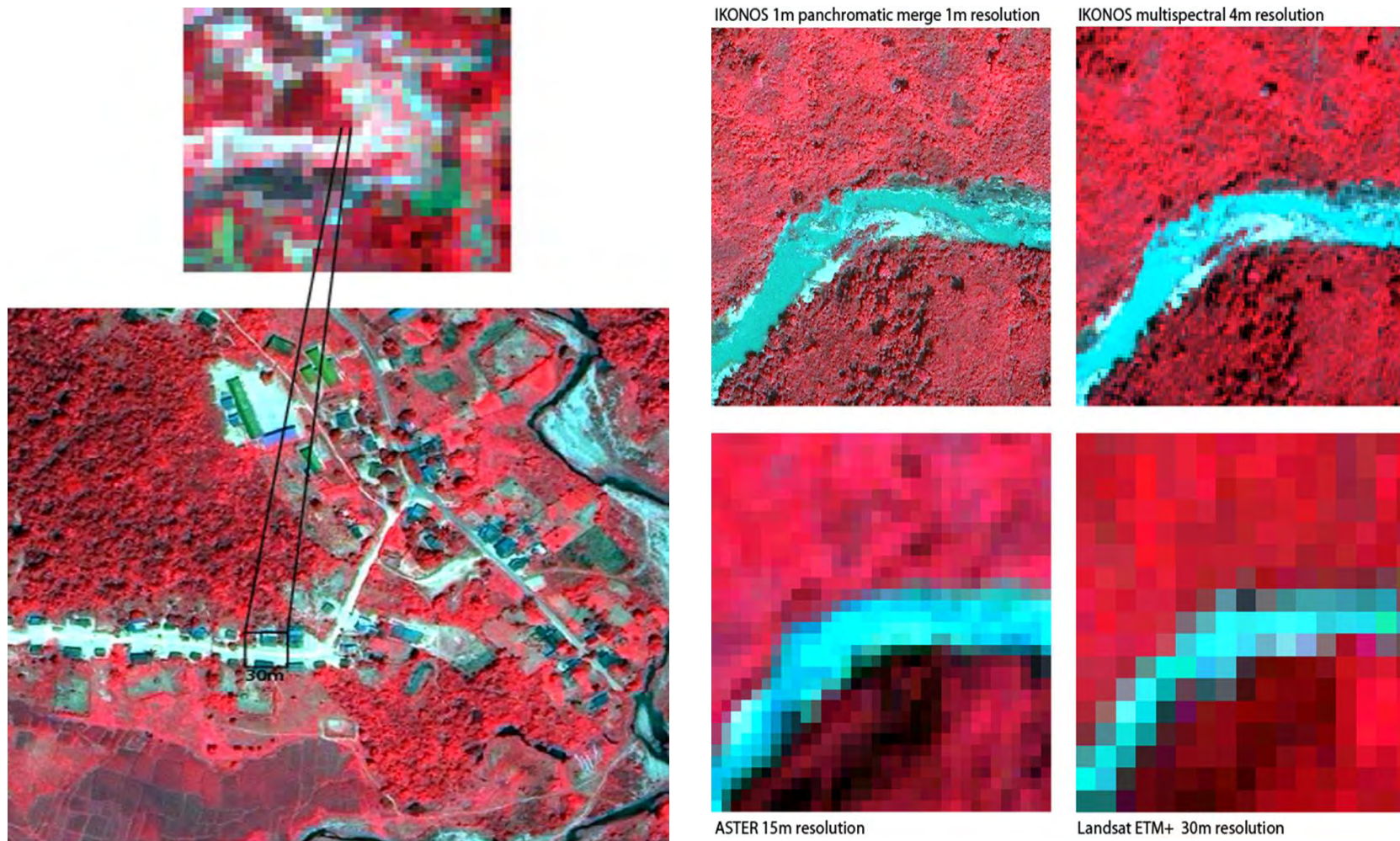
Imaginile transmise de sateliții de teledeteție pot fi caracterizate prin cinci tipuri de rezoluție, definite după cum urmează[5, 24-34]:

- **Rezoluția spațială** este definită ca dimensiunea pixelilor unei imagini reprezentând dimensiunea unitară a suprafeței (adică  $m^2$ ) măsurată la sol, determinată de câmpul vizual instantaneu al senzorilor (Instantaneous Field Of View-IFOV). Rezoluția spațială poate fi înțeleasă ca distanța minimă între două obiecte care pot fi distinse într-o imagine. Rezoluția oricărui satelit cu imagini de pe Terra este practic vorbind cea mai scurtă dimensiune de pe teren care este formată într-un singur pixel. Rezoluția de 1 metru înseamnă că fiecare pixel din imagine reprezintă un  $m^2$  din suprafața solului. În tehnologia de teledeteție, rezoluția spațială reprezintă nu numai capacitatea de a identifica prezența a două obiecte, ci și proprietățile acestora. Similar fotografiei digitale, o rezoluție mai mare implică o vizibilitate mai bună a detaliilor reprezentate pe imagine. În teledeteție, rezoluția spațială este limitată prin difracție, focalizare imperfectă și distorsiune atmosferică. Diferite obiecte, cu proprietățile acestora, pot fi identificate și analizate, din imagini cu rezoluții diferite. De exemplu, este posibil să se detecteze o navă în ocean de la imagini SAR cu rezoluție de 25 x 25 de metri, dar la o rezoluție de 3 x 3 metri, este deja posibil să se determine direcția și, în unele cazuri, viteza navei. Pentru imaginile radar, rezoluția spațială se găsește în intervalul de 5-100 metri. Pentru imaginile optice, rezoluția spațială este considerată scăzută dacă depășește 80 de metri, medie dacă se încadrează într-un interval cuprins între 10–80 metri, înaltă dacă este mai mică de 10 metri, iar rezoluția foarte ridicată este considerate ca fiind sub 1 metru;



**Figura 5.2. Hartă care arată radiația netă lunară data de suprafața Pământului, în wați pe metru pătrat. Locurile în care cantitățile de energie de intrare și de ieșire sunt în echilibru au tentă albă. Locurile în care a venit mai multă energie decât a ieșit (radiații nete pozitive) sunt portocalii. Locurile în care se scurgea mai multă energie decât a intrat (radiații nete negative) sunt purpurii. Măsurătorile au fost efectuate de senzorii Clouds and Earth's Radiant Energy System (CERES) de pe sateliții Terra și Aqua ai NASA. Aceste imagini, gratuite sunt oferite de situl <https://earthobservatory.nasa.gov/>[24,25]**

- **Rezoluția spectrală** este definită prin mărimea intervalului de undă (segmentul discret al spectrului electromagnetic) și numărul de intervale pe care le măsoară senzorul. Rezoluția spectrală descrie capacitatea unui senzor de a defini intervalele de undă fine. Cu cât este mai fină rezoluția spectrală, cu atât este mai restrânsă lungimea de undă pentru un anumit canal sau bandă. Filmul alb-negru înregistrează lungimile de undă care se extind pe o mare parte sau toată porțiunea vizibilă a spectrului electromagnetic. Rezoluția sa spectrală este destul de grosieră, deoarece diferitele lungimi de undă ale spectrului vizibil nu sunt distinse individual și se înregistrează reflectanța generală în întreaga porțiune vizibilă. Filmul color este, de asemenea, sensibil la energia reflectată peste porțiunea vizibilă a spectrului, dar are o rezoluție spectrală mai mare, deoarece este individual sensibil la energia reflectată la lungimile de undă albastre, verzi și roșii ale spectrului. Astfel, poate reprezenta caracteristici ale diferitelor culori bazate pe reflectanța lor în fiecare dintre aceste intervale distincte de lungime de undă;
- **Rezoluția temporală** este definită de perioada de timp (de exemplu zile) care trece între perioadele de colectare a imaginilor pentru o anumită locație de suprafață. Aspectul timpului, dat de rezoluția temporală, este deosebit de important, deoarece activitățile umane sunt dinamice în timp. Managementul strategic al informațiilor despre cum evoluează în timp anumite evenimente, este dependent de frecvența achiziției de imagini, deosebit de relevantă pentru acele aplicații, în care timpul are cea mai mare importanță, cum ar fi cartografierea inundațiilor, incendiilor și efectele altor dezastre naturale. Acoperirea zilnică este de asemenea importantă pentru cele mai multe cazuri de utilizare atât pe uscat cât și pe mare. Anumiți parametri permit imaginea aceleiași zone de pe Pământ, la fiecare 3 ore;
- **Rezoluția radiometrică** este definită ca fiind capacitatea unui sistem de imagini de a înregistra mai multe niveluri de luminozitate (contrast, de exemplu) și adâncimea efectivă de biți a senzorului (număr de niveluri de scară în gri) și este de obicei exprimată ca fiind de 8 biți (0-255), 11 biți (0-2047), 12 biți (0-4095) sau 16 biți (0-65.535) (Datele cu imagini sunt reprezentate de numere digitale pozitive care variază de la 0 la (mai puțin de) o putere selectată de 2. Acest interval corespunde numărului de biți utilizați pentru codificarea numerelor în format binar. Fiecare bit înregistrează un exponent al puterii 2 (de exemplu, 1 bit =  $2^1 = 2$ ). Numărul maxim de niveluri de luminozitate disponibile depinde de numărul de biți utilizați pentru reprezentarea energiei înregistrate. Astfel, dacă un senzor a folosit 8 biți pentru a înregistra datele, ar exista  $2^8 = 256$  valori digitale disponibile, cuprinse între 0 și 255. Cu toate acestea, dacă s-ar utiliza doar 4 biți, atunci doar  $2^4 = 16$  valori variază de la 0 la 15 a fi disponibil. Astfel, rezoluția radiometrică ar fi mult mai mică. Datele de imagine sunt, în general, afișate într-o gamă de tonuri de gri, negrul reprezentând un număr digital de 0 și albul reprezentând valoarea maximă (de exemplu, 255 în date pe 8 biți). Comparând o imagine pe 2 biți cu o imagine pe 8 biți, putem observa că există o diferență mare în nivelul de detaliu perceptibil în funcție de rezoluțiile lor radiometrice). Rezoluția radiometrică a unui sistem imagistic descrie capacitatea acestuia de a discrimina diferențe foarte mici de energie. Cu cât este mai fină rezoluția radiometrică a unui senzor, cu atât este mai sensibilă detectarea unor diferențe mici în energia reflectată sau emisă. ;
- **Rezoluția geometrică** se referă la capacitatea senzorului de satelit de a imagina eficient o porțiune a suprafeței Pământului într-un singur pixel și este de obicei exprimată în termeni de distanță de probă la sol (Ground Sample Distance-GSD). GSD este un termen care conține sursele generale de zgomot optic și sistemic și este util pentru a compara cât de bine poate detecta un senzor detalii de pe Pământ într-un singur pixel. De exemplu, GSD-ul Landsat este  $\approx 30\text{m}$ , ceea ce înseamnă că cea mai mică unitate care mapează un singur pixel în cadrul unei imagini este  $\approx 30\text{m} \times 30\text{m}$ . Cel mai recent satelit comercial (Geoeye 1) are un GSD de 0,41 m.

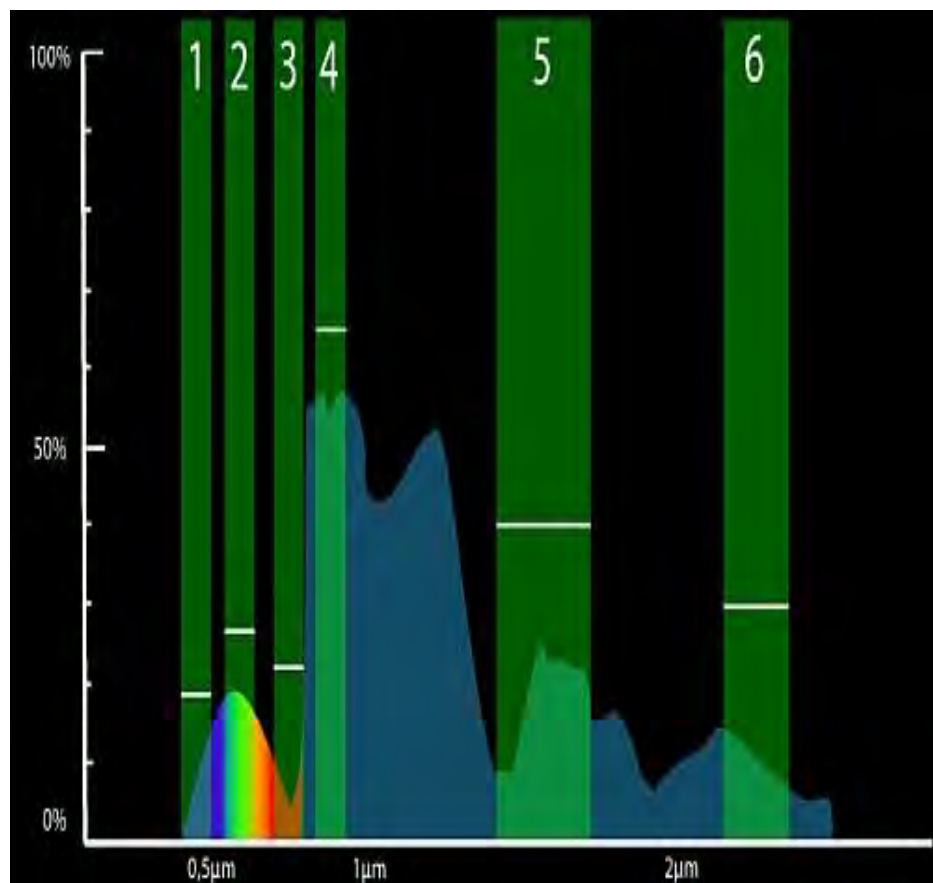


a.

b.

Figura 5.3. a. Exemplu de rezoluție spațială de 30 m a unei imagini a unei suprafețe terestre[31], b. Exemple de rezoluții de 1 m(IKONOS), 4 m (IKONOS), 15 m(ASTER) și 30 m(Landsat ETM+)[31]





a.



December 26, 2004

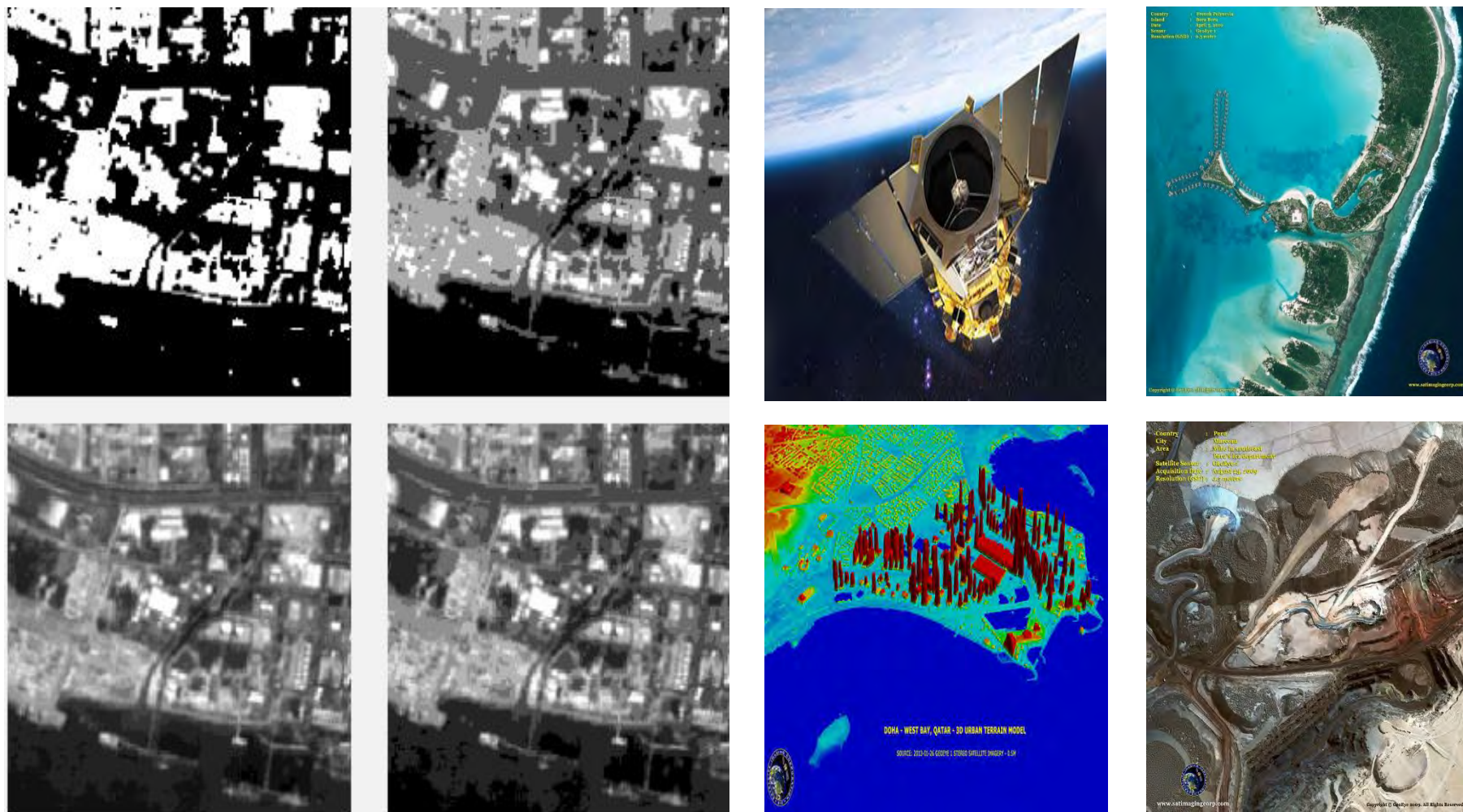


January 1, 2004

b.

Figura 5.4. a. Cu cât este mai mare numărul benzilor unui senzor de teledetecție, cu atât rezoluția spectrală a unui satelit este mai mare.

De exemplu (figură) senzorii convenționali ai satelitului Landsat au o rezoluție spectrală de 7 benzi din care trei stochează lumina vizibilă, trei lumină infraroșie și una radiație termică a suprafeței Pământului[32], b. Un elocvent exemplu de aplicare a Rezoluției temporale este următorul: La data de 26 decembrie 2004, Tsunami a lovit Sri Lanka, iar în Oceanul Indian, pe coasta Sumatrei, Indonezia, s-a format un cutremur cu magnitudinea de 9,0. În afară de Indonezia, Sri Lanka a suferit cele mai mult victime, numărul morților fiind raportat la 21.715 pe 29 decembrie. Satelitul Quickbird al DigitalGlobe a surprins o imagine a devastării din Kalutara, Sri Lanka (sus), pe 26 decembrie 2004, la ora locală 10:20, la aproximativ o oră după ce prima serie din valuri a lovit. Imaginea de jos este o imagine Quickbird făcută la 1 ianuarie 2004, care arată condițiile normale ale oceanului.



a.

b.

Figura 5.5. a. Rezoluție radiometrică, exemplu, imagine cu 2(sus-stânga), 49(sus-dreapta), 8(jos-stânga) și 16(jos-dreapta) biți, Sursa: ARSET Applied Remote Sensing Training, <http://arset.gsfc.nasa.gov>, @NASAARSET[34], b. GeoEye-1 Satellite Sensor (0.46m) (sus-stânga), Exemple de imagini preluate de la GeoEye-1, care are o Rezoluție geometrică((Ground Sample Distance-GSD) de 0,41 m, Bora Bora, French Polynesia (sus-dreapta), Doha, Qatar, 2m 3D Urban Terrain Model (jos-stânga) și Marcona, Peru, Mining Operations (jos-dreapta)

### 5.3. Exemple de imaginile preluate din satelit, cele mai semnificative programe satelitare care au ca rezultat imagini ale suprafețelor terestre cu diferite destinații

Utilitatea imaginilor preluate și transmise de diferiți sateliți au avut ca efect că multe state și-au construit propriile misiuni satelitare în acest scop. Statele Unite ale Americii au deținut și dețin supremația în acest domeniu încă de la începuturile acestuia, apoi fosta Uniune Sovietică, în prezent Rusia, nu în ultimul rând Uniunea Europeană, dar și alte state, China, India, Japonia sau Canada.

#### A. Misiunea spațială Landsat[35-41]

Transmiterea de imagini ale diferitelor suprafețe ale Pământului, de către diferiții sateliți ai misiunii Landsat, se întinde din 1972 până în prezent. Pe situl NASA, [https://landsat.visibleearth.nasa.gov/\[35\]](https://landsat.visibleearth.nasa.gov/) există o galerie care include toate imaginile Landsat publicate pe site-urile Earth Observatory, Visible Earth, and Landsat Science, preluate de la toți cei șapte sateliți Landsat. Toate imaginile sunt de domeniul public și pot fi utilizate cu trimitere la sursă. Sursa corectă pentru imaginile obținute de pe acest site este: “Landsat imagery courtesy of NASA Goddard Space Flight Center and U.S. Geological Survey” sau “USGS/NASA Landsat”. În Figura 5.6. am reprezentat câteva imagini transmise de satelițul Landsat 8, cea mai recentă misiune spațială din seria Landsat.

#### B. Misiunea MODIS(MODerate-resolution Imaging Spectroradiometer-Spectroradiometrul cu rezoluție moderată de rezolvare)[42-49]

MODIS este un senzor de imagistică construit de Santa Barbara Remote Sensing [42], lansat pe orbita Pământului de către NASA în 1999, la bordul satelitului Terra (EOS AM), și în 2002 la bordul satelitului Aqua (EOS PM). Instrumentele captează date în 36 de benzi spectrale care variază în lungime de undă de la 0,4  $\mu\text{m}$  la 14,4  $\mu\text{m}$  și la diferite rezoluții spațiale (2 benzi la 250 m, 5 benzi la 500 m și 29 benzi la 1 km). Împreună instrumentele preiau imagini ale întregului Pământ la fiecare 1 până la 2 zile. Acestea sunt concepute pentru a oferi măsurători în dinamica globală la scară largă, inclusiv schimbări în acoperirea cu nori a Pământului, bugetul de radiații și procesele care au loc în oceane, pe uscat și în atmosfera inferioară. MODIS folosește patru calibratoare de bord în plus față de instrumentele de fotografiere spațială, pentru a asigura calibrarea în zbor: difuzorul solar (Solar Diffuser-SD), monitorul de stabilitate al difuzorului solar (Solar Diffuser Stability Monitor-SDSM), ansamblul de calibrare radiometric spectral (Spectral Radiometric Calibration Assembly-SRCA) și un caneluriu  $v$ -groove black body[43]. O descriere detaliată a misiunii MCST poate fi găsit[ pe site-ul MCST[49]. În Figura 5.7. am prezentat cele mai recente imagini transmise de satelițul Aqua-NASA, ultima, până în prezent, misiune spațială din seria MODIS.

#### C. Misiunea Sentinel [50,51]

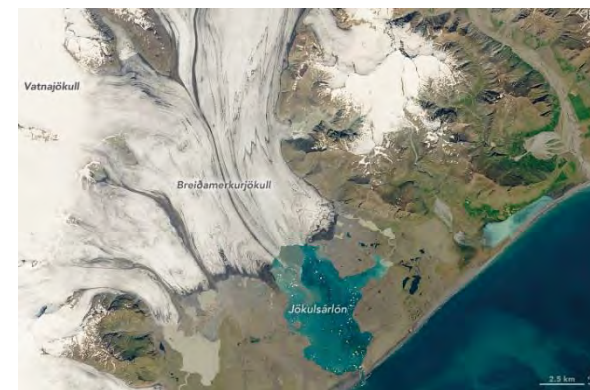
ESA(European Space Agency) dezvoltă în prezent constelația Sentinel de sateliți. În prezent, sunt planificate 7 misiuni, fiecare pentru o aplicație diferită. Au fost deja lansate Sentinel-1 (imagistică SAR), Sentinel-2 (imagistică optică pentru suprafețe terestre) și Sentinel-3 (imagistica optică și termică pentru pământ și apă). În Figura 5.8. am prezentat Platforma Sentinel Playground care utilizează tehnologia Sentinel Hub iar în 5.9. o imagine a centrului Municipiului Cluj Napoca, preluată la data de 28 decembrie 2019.



a.



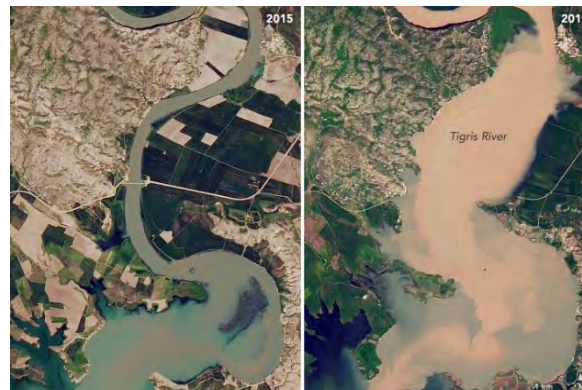
b.



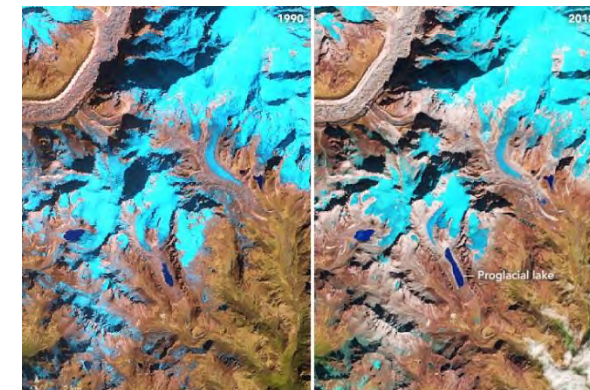
c.



d.



e.



f.

Figura 5.6. Imagini transmise de satelițul Landsat 8, cea mai recentă misiune spațială din seria Landsat, a. Imagine preluată la data de 25 noiembrie 2019, ieșirea Râului Elizabeth la Hampton, Virginia, SUA[36], b. Insulele Tiwi(North Australia) preluată la data de August 10, 2019[37], c. Imagine cu Ghețariii Jökulsárlón și Breiðamerkurjökull preluată la data de 2 iulie 2019. Ghețarul Breiðamerkurjökull este parte a ghețarului Vatnajökull, cel mai mare din Europa[38], d. Imagine surprinsă din animația care se poate deschide la adresa bibliografică [39], care prezintă modul în care tulburările de habitat și vegetație s-au desfășurat în ultimele trei decenii în pădurile Pacificului de Nord, e. Inundații în zona Mosul, Iraq, produse în primavara anului 2019, imagini comparative 2015-2019, după inundații[40], f. Imaginile cu un lac glaciuar din Himalaya aproape dublându-se în lungimea de peste 30 de ani. Imaginile achiziționate în noiembrie 1990 de Landsat 5 și noiembrie 2018 de Landsat 8[41]



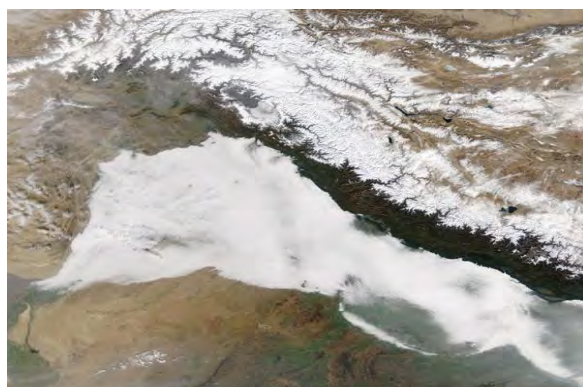
a.



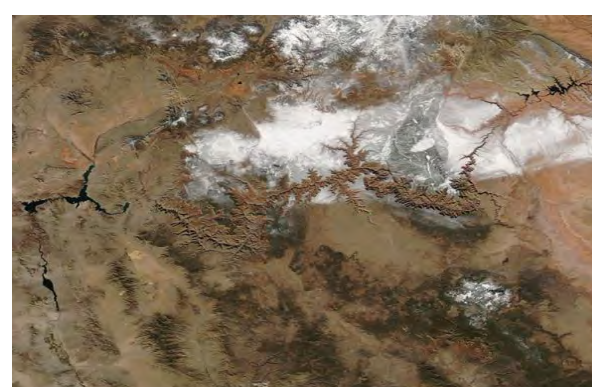
b.



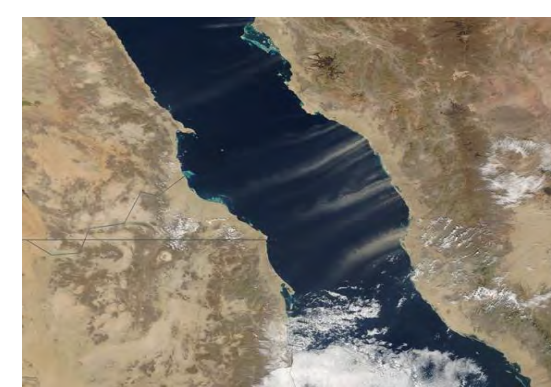
c.



d.

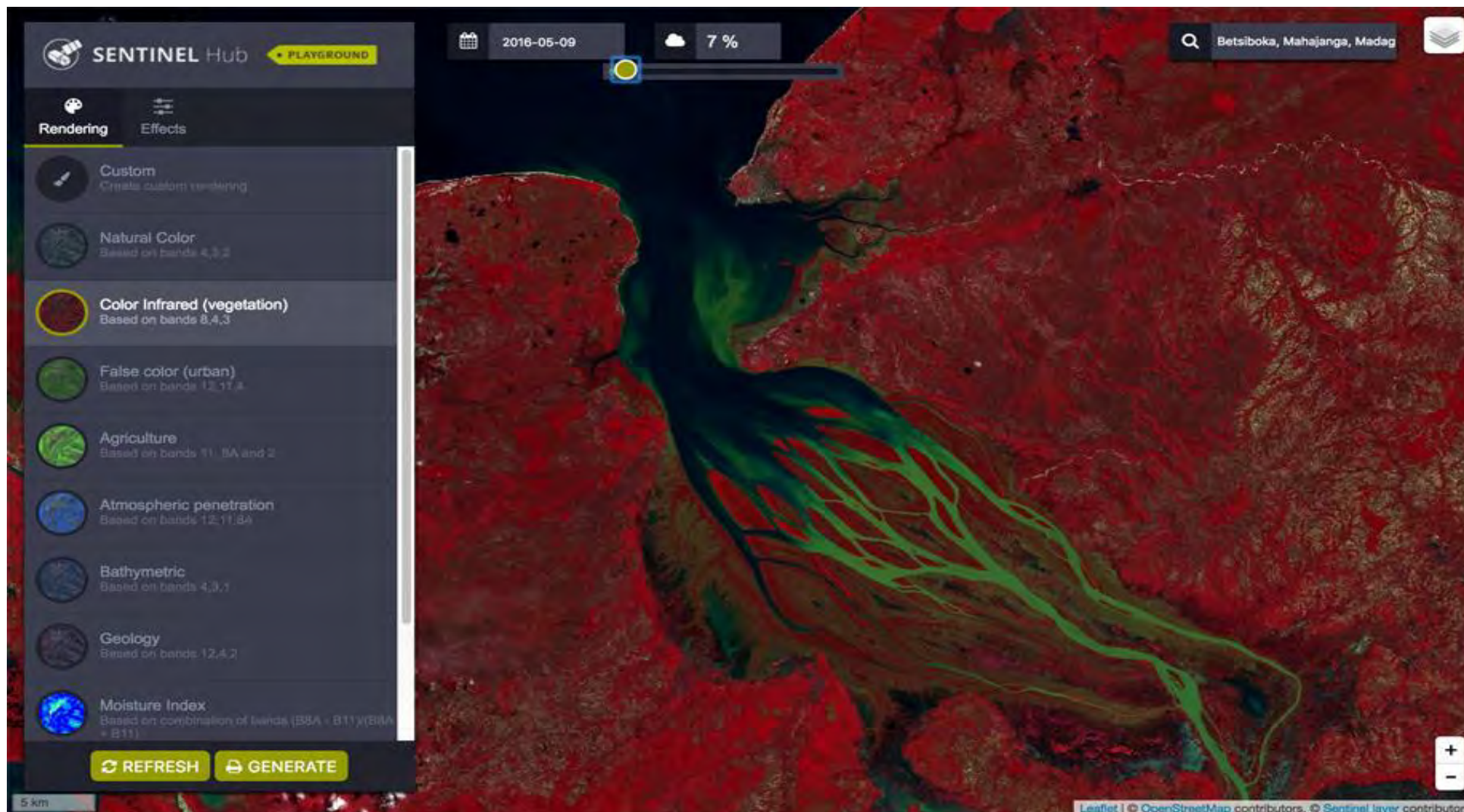


e.



f.

**Figura 5.7. Cele mai recente imagini transmise de satelițul Aqua-NASA, cea mai recentă misiune spațială din seria MODIS, a. La data de 27 decembrie 2019, MODIS a achiziționat o imagine în culori reale pentru o zonă situată din sud-estul Texasului în nord-estul Mexicului, Image Facts, Satellite: Aqua, Date Acquired: 12/27/2019, Resolutions: 1km (325.8 KB), 500m (887.1 KB), 250m (689 KB), Bands Used: 1,4,3, Image Credit: MODIS Land Rapid Response Team, NASA GSFC [44], b. 26 decembrie 2019, Incendii în Ghana și Coasta de Fildeș, Image Facts: Date Acquired: 12/26/2019, restul similar[45], c. 25 decembrie 2019, Zăpadă în jurul Marilor Lacuri, Image Facts: Date Acquired: 12/25/2019, restul similar[46], d. 24 decembrie 2019, Condiții meteorologice severe avertizate de-a lungul Munților Himalaya, Image Facts: Date Acquired: 12/24/2019, restul similar[47], e. 23 decembrie 2019, Zăpadă în sud-vestul Statelor Unite, Image Facts: Date Acquired: 12/23/2019, restul similar[48], f. 22 decembrie 2019, Praf peste Marea Roșie, Image Facts: Date Acquired: 12/22/2019, restul similar[49]**



**Figura 5.8.** Sentinel Playground utilizează tehnologia Sentinel Hub pentru a permite descoperirea și explorarea ușoară a imaginilor Sentinel-2, Landsat 8, DEM și MODIS, cu rezoluție completă. Este o interfață grafică arhivată, completă și actualizată zilnic, o resursă masivă pentru oricine este interesat de schimbarea suprafeței Pământului, naturală sau artificială[50]

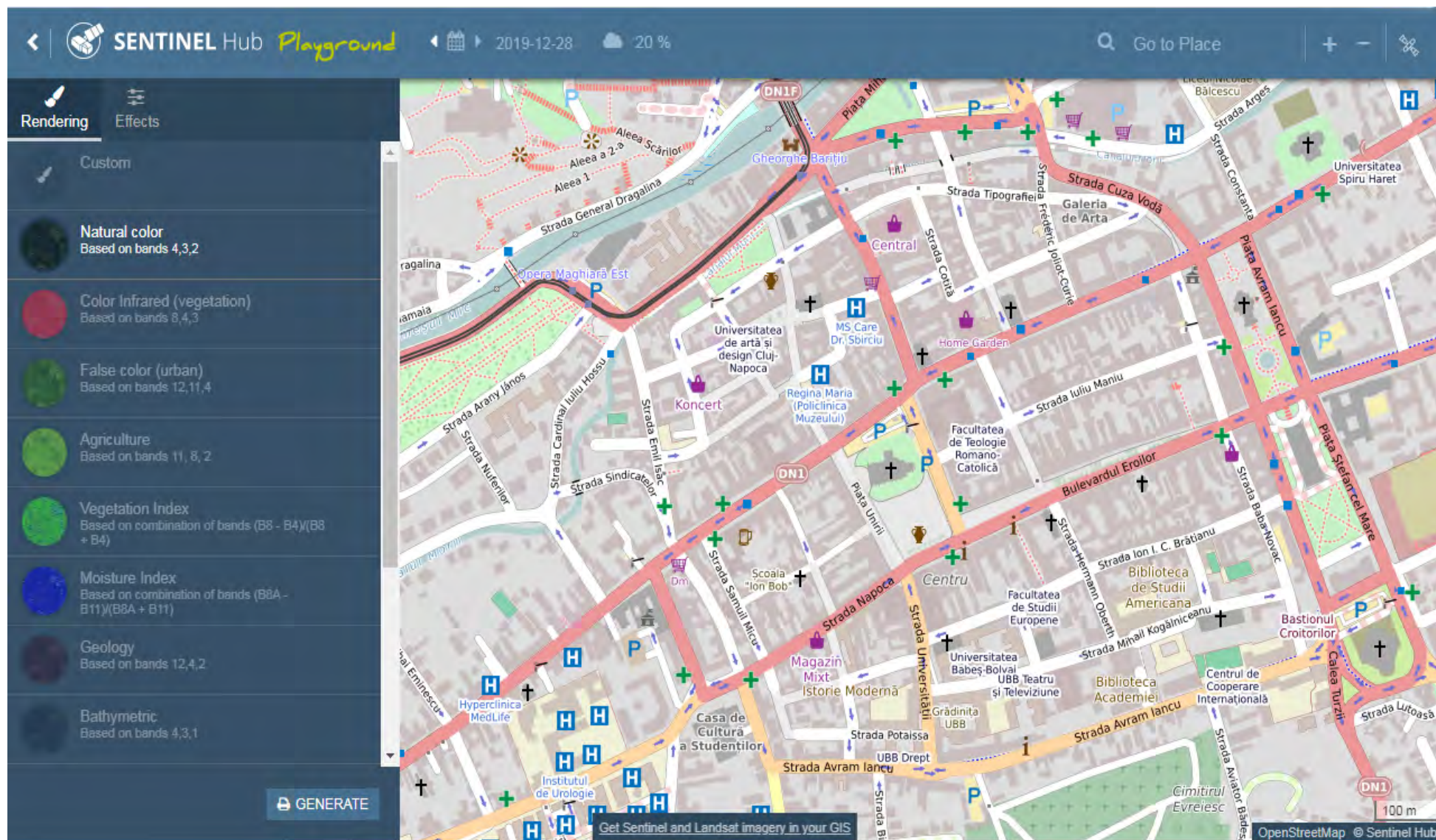


Figura 5.9. Imagine cu centrul municipiului Cluj Napoca, obținută cu Sentinel Playground-Sentinel Hub, culori naturale preluate în Benzile 4, 3,2, la data de 28 decembrie 2019, Misiunea Sentinel 2 L1C[51]

#### **D. Misiunea Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER)[52-57]**

ASTER este un efort de cooperare între NASA și Ministerul Economiei Comerțului și Industrii din Japonia (METI), cu colaborarea organizațiilor științifice și a industriei din ambele țări. Misiunea ASTER reprezintă următoarea generație de capabilități de imagistică de teledetecție care vine să înlocuiască vechea misiune Landsat Thematic Mapper - OPS JERS-1. ASTER captează date de rezoluție spațială înaltă în 14 benzi, de la vizibil la lungimile de undă infraroșu termic și oferă capacitatea de vizualizare stereo pentru crearea modelului digital cu elevare 3D. Așa cum prezint în Figura 5.10. imaginile actuale pot fi comparate cu documente anterioare, imagini, hărți, etc. pentru a studia evoluția suprafeței terestre în timp. ASTER, la fel ca alte instrumente de înaltă rezoluție spațială, de observare a Pământului, oferă date utile pentru o gamă largă de cercetări și aplicații științifice. Acestea include[57]:

- Climatologia suprafeței terestre - investigarea parametrilor suprafeței terenului, temperatură, umiditatea, stratificarea și circulația norilor, etc., pentru a înțelege interacțiunea pământ-suprafață și fluxurile de energie și umiditate;
- Dinamica vegetației și ecosistemului - investigații despre vegetație, distribuția și modificările acesteia în timp, pentru a estima productivitatea biologică, pentru a înțelege interacțiunile teren-atmosferă și pentru a detecta schimbările ecosistemului;
- Monitorizarea vulcanilor - monitorizarea erupțiilor și a evenimentelor premergătoare, cum ar fi emisiile de gaze, potențialul erupțiilor, dezvoltarea lacurilor de lavă, istoricul erupțiilor și prognozarea acestora;
- Monitorizarea pericolelor - observarea întinderii și efectelor incendiilor, inundațiilor, eroziunii de coastă, daunelor cutremurelor și ale tsunami;
- Hidrologie - înțelegerea proceselor energetice și hidrologice globale și relația lor cu schimbările globale;
- Geologie și soluri - compoziția detaliată și cartografierea geomorfologică a solurilor de suprafață și a straturilor geologice pentru studierea proceselor de suprafață ale terenului și istoricul schimbărilor acestora;
- Schimbarea suprafeței și acoperirii terenului - monitorizarea deșertificării, despăduririlor și urbanizării, inclusive furnizarea de date pentru managerii de conservare și monitorizare a ariilor protejate, parcurilor naționale și zonelor sălbatice.

#### **E. Meteosat-Sateliții EUMETSAT ai ESA-European Space Agency furnizează imagini ale Pământului și date pentru prognoze de peste 30 de ani[58-67]**

În 1968, Organizația Europeană de Cercetare Spațială (ESRO) din opt state, acum Agenția Spațială Europeană (European Space Agency-ESA), a primit finanțări pentru studii privind sateliții de aplicații, inclusiv sateliții meteo. Programul inițial, Meteosat First Generation, a introdus conceptul unui sistem global de platforme geostatice capabile să observe circulația atmosferică și vremea din jurul ecuatorului, în timp real. În septembrie 1972, ESRO a adoptat oficial programul Meteosat și a lansat primul prototip Meteosat în noiembrie 1977, urmat de Meteosat-2 în 1981. În 1981, la o Conferință interguvernamentală formată din 17 țări europene, convocată pentru a analiza problema continuității pe termen lung a Meteosat, statele membre ale ESA au convenit să inițieze Programul operațional Meteosat (MOP), care implică construirea a trei sateliți suplimentari care vor fi gestionați de EUMETSAT. Astfel, Meteosat-4, -5 și -6 au fost lansați între 1989 și 1993. În mai 1991, Consiliul EUMETSAT a decis să înființeze un segment de sol independent, care să înlocuiască sistemul instituit de ESA în 1977. Acesta a fost începutul Programului de tranziție Meteosat (MTP), care a cuprins eliminarea treptată a MOP până la începutul Programului Meteosat Second Generation. Meteosat-7, satelitul final al seriei, a fost lansat pe 2 septembrie 1997. În Tabelul 5.1. se prezintă datele de operare ale sateliților misiunii METEOSAT. Unul dintre obiectivele majore ale Misiunii Jason-2 (Jason-2 Ocean Surface Topography Mission) a fost susținerea oceanografiei operaționale. Jason-2 a furnizat date despre oscilațiile decadală (10 ani) în bazinele oceanice mari, cum ar fi Oceanul Atlantic; variabilitatea pe scară largă și condițiile de vânt și de formare a valurilor de suprafață. Datele de altimetrie de la Jason-2 au ajutat, de



asemenea, la crearea de observații și analize globale detaliate de-a lungul unui deceniu asupra fenomenelor El Niño și La Niña, oferind informații despre circulația apei în oceane și efectele sale asupra climei; valuri oceanice; turbulente ale oceanului și gravitația marină. Sateliții meteorologici operaționali actuali, din cadrul misiunii Eumetsat, sunt Meteosat-8, 9, 10 și 11, Metop-A, B & C, Jason-3 și Sentinel-3A și 3B. Pe orbita geostationară aflată la 36.000 km deasupra ecuatorului, sateliții Meteosat - Meteosat-8, -9, -10 și -11 (Tabelul 5.2.) operează peste Europa, Africa și Oceanul Indian. Meteosat-11 este satelitul geostationar principal operațional, poziționat la 0 grade și oferind imagini cu disc complet la fiecare 15 minute. Acesta oferă, de asemenea, monitorizare căutare și salvare și serviciu de rele a Platformei de colectare a datelor (Search and Rescue monitoring and Data Collection Platform relay service). Meteosat-10 oferă Serviciul de scanare rapidă, oferind imagini mai frecvente la fiecare cinci minute în unele părți din Europa, Africa și mările adiacente. Meteosat-9 oferă un serviciu de rezervă pentru scanarea Meteosat-11 pe Pământ complet și un serviciu de umplere a golurilor la scanarea rapidă Meteosat-10. Meteosat-8 operează peste Oceanul Indian efectuând scanări pe Pământ complet. De asemenea, asigură Search and Rescue monitoring and Data Collection Platform relay service (care include rele de avertismente de producere de tsunami). Metop este o serie de trei sateliți meteorologici cu orbita polară care formează componenta segmentului spațial al sistemului polar EUMETSAT (EPS), care au activat succesiv mai mult de 14 ani, începând cu 2006, împreună cu instalațiile terestre relevante. Metop-A (lansat la 19 octombrie 2006), Metop-B (lansat pe 17 septembrie 2012) și Metop-C (lansat 7 noiembrie 2018) se află pe o orbită polară inferioară, la o altitudine de 817 kilometri, pentru a oferi observații mai detaliate a atmosferei globale, oceanelor și continentelor. Cei trei sateliți vor funcționa concomitent atât timp cât capacitățile disponibile ale Metop-A vor aduce beneficii utilizatorilor. Sentinel-3 este o misiune dedicată care operează cu sateliți Copernicus, care oferă o varietate de măsurători oceanice de înaltă calitate. Obiectivul principal al misiunii în sprijinul Mediului Marin este determinarea unor parametri precum topografia suprafeței mării, temperatura suprafeței mării și culoarea suprafeței oceanului.

**Tabelul 5.1. Sateliții misiunii METEOSAT cu misiuni încheiate [58-62]**

| Satelitul  | Data lansării | Data retragerii |
|------------|---------------|-----------------|
| Meteosat-1 | 23/11/1977    | 25/11/1979      |
| Meteosat-2 | 19/06/1981    | 11/08/1988      |
| Meteosat-3 | 15/06/1988    | 31/05/1995      |
| Meteosat-4 | 06/03/1989    | 08/11/1995      |
| Meteosat-5 | 02/03/1991    | 16/04/2007      |
| Meteosat-6 | 19/11/1993    | 15/04/2011      |
| Meteosat-7 | 02/09/1997    | 31/03/2017      |
| Jason-2    | 20/06/2008    | 01/10/2019      |

**Tabelul 5.2. Sateliții misiunii METEOSAT cu misiuni curente [58-62]**

| Satelitul   | Data lansării                                    | Poziția            | Serviciile oferite   |
|-------------|--|--------------------|--|
| Meteosat-11 | 15/07/2015 – Availability lifetime is until 2024 | 0°, 36,000 km      | 0° Service including Data Collection Service and Web Imagery. Replaced Meteosat-10 at 0° on 20 February 2018.                  |
| Meteosat-10 | 05/07/2012 – Availability lifetime is until 2024 | 9.5°E, 36,000 km   | Rapid Scanning Service. Replaced Meteosat-9 RSS on 20 March 2018.  |
| Meteosat-9  | 22/12/2005 – Fuel lifetime is until 2024         | 3.5° E, 36,000 km  | Rapid Scan Service gap filling and back-up spacecraft since 20 March 2018.   |
| Meteosat-8  | 28/08/2002 – Fuel lifetime is until 2020         | 41.5° E, 36,000 km | Indian Ocean Data Coverage Service including Data Collection Service and Web Imagery. Replaced Meteosat-7 on 01 February 2017. |

Programele satelitare EUMETSAT viitoare urmăresc să continue acoperirea globală a observațiilor prin satelit pentru decenii următoare.

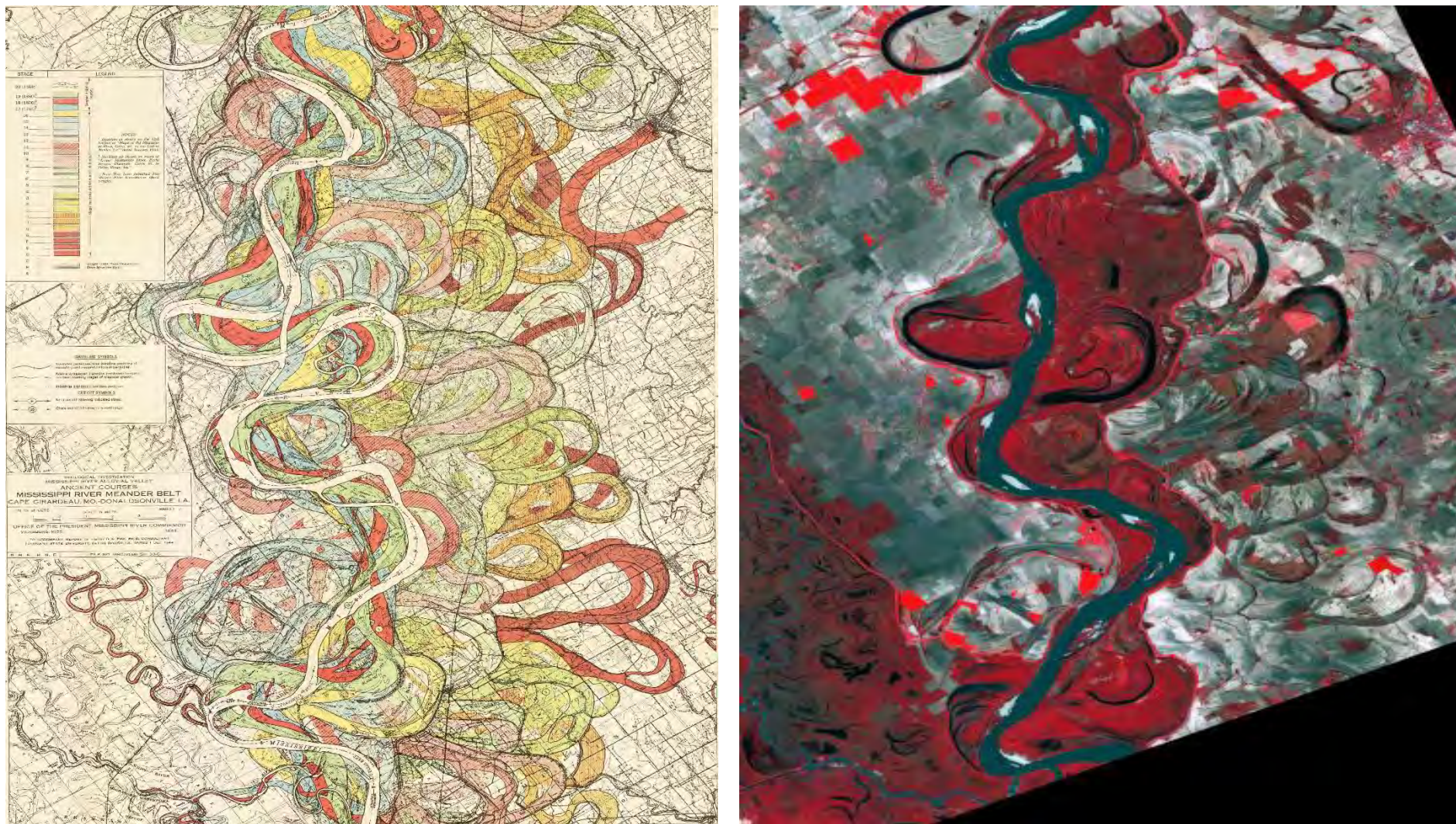
1. Meteosat A treia generație (MTG) este următoarea generație de sateliți geostationari ai EUMETSAT, în urma misiunilor de succes anterioare. Această generație viitoare, pornind de la Meteosat Second Generation, va oferi o evoluție a serviciului de imagistică, inclusiv un nou fulger imagistic (Lightning Imager) și un serviciu de sunet atmosferic de ultimă generație care oferă măsurători în spectrul infraroșu și ultraviolet. Pentru a realiza aceste servicii, MTG va vedea lansarea a șase noi sateliți geostationari începând cu 2021. Seria satelit se va baza pe platforme cu 3 axe și cuprinde: Patru sateliți de imagine (MTG-I) (se așteaptă 20 de ani de servicii operaționale), Doi sateliți de sunet (MTG-S) (se așteaptă 15,5 ani de servicii operaționale), Configurația completă operațională va consta din doi sateliți MTG-I care operează în tandem, unul care scanează Europa și Africa la fiecare 10 minute, iar celălalt scanează doar Europa la fiecare 2,5 minute și un satelit MTG-S.

2. EPS-SG este următoarea generație de sateliți cu orbita polară a EUMETSAT, în urma misiunilor de succes anterioare. Această nouă generație, în urma programului EUMETSAT Polar System (Metop), va asigura continuarea observațiilor meteorologice de pe orbita polară în intervalul 2022-2043. Acesta va aduce observații la un nou standard, prin suita de instrumente inovatoare europene arborate pe nava spațială Metop-SG. Misiunea EPS-SG este compusă din două serii de nave spațiale, Metop-SG A și B, care zboară pe aceeași orbită de la mijlocul dimineții, la fel ca actualii sateliți Metop. Înălțimea orbitei este în intervalul 823-848 (depinde de latitudini). Vor fi trei sateliți pentru fiecare din misiunile Metop-SG A și Metop-SG B.

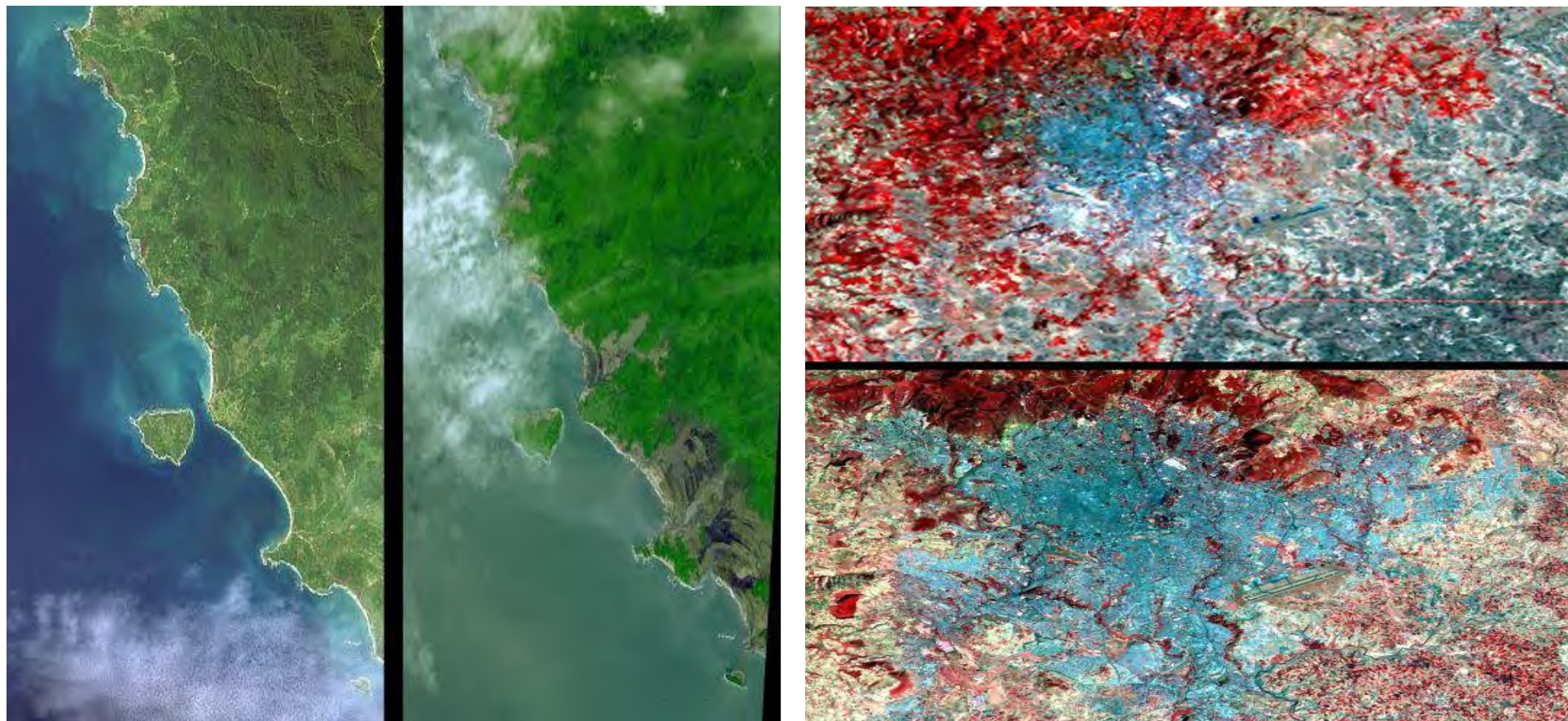
3. Copernicus este un sistem european pentru monitorizarea Pământului folosind sateliți și senzori in situ. Sateliții de observare ai Pământului care contribuie cu date la Copernic sunt împărțite în două grupuri de misiuni: Sentinelele Copernic și adiționale. Datele din aceste surse sunt apoi prelucrate și furnizate utilizatorilor printr-un set de șase servicii Copernicus: terestre, marine, atmosferă, schimbări climatice, gestionarea situațiilor de urgență și securitate. Programul Copernicus oferă utilizatorilor acces gratuit, complet și deschis la datele de mediu. EUMETSAT furnizează date, produse și servicii de asistență serviciilor de informații Copernicus și comunităților de utilizatori, cu accent pe marine, atmosferă și climă. Aceasta implică furnizarea de servicii de observare a Pământului către Copernic din sateliții Sentinel, din propriile misiuni Metop și Meteosat, din satelitul Jason-3 pentru monitorizarea oceanelor și din misiunile partenerilor săi internaționali (de exemplu SUA, China, India și Japonia). EUMETSAT este responsabilă pentru operarea sateliților Sentinel-3, cu suport ESA, și livrarea datelor marine și va opera și livra produse de la instrumentele Sentinel-4, Sentinel-5 și sateliții Sentinel-6. În plus, la solicitarea Comisiei Europene, EUMETSAT va fi, de asemenea, responsabilă pentru livrarea de date și produse din misiunile Sentinel către terți din întreaga lume.

**Tabelul 5.3. Sateliții Metop, misiuni viitoare[66]**

| PLANNED LAUNCH DATES |                     |                             |   |
|----------------------|---------------------|-----------------------------|---|
| SATELLITE            | PLANNED LAUNCH DATE | START OF ROUTINE OPERATIONS | DETAILS   |
| Metop-SG A1          | Q4 2022             | Q2 2023                     | 823–848 km, METImage, IASI-NG, MWS, Sentinel-5, 3MI, RO |
| Metop-SG B1          | Q4 2023             | Q2 2024                     | 823–848 km, SCA, MWI, ICI, RO, ADCS-4                   |
| Metop-SG A2          | Q4 2029             |                             | 823–848 km, METImage, IASI-NG, MWS, Sentinel-5, 3MI, RO |
| Metop-SG B2          | Q4 2030             |                             | 823–848 km, SCA, MWI, ICI, RO, ADCS-4                   |
| Metop-SG A3          | Q4 2036             |                             | 823–848 km, METImage, IASI-NG, MWS, Sentinel-5, 3MI, RO |
| Metop-SG B3          | Q4 2037             |                             | 817 km, SCA, MWI, ICI, RO, ADCS-4                       |



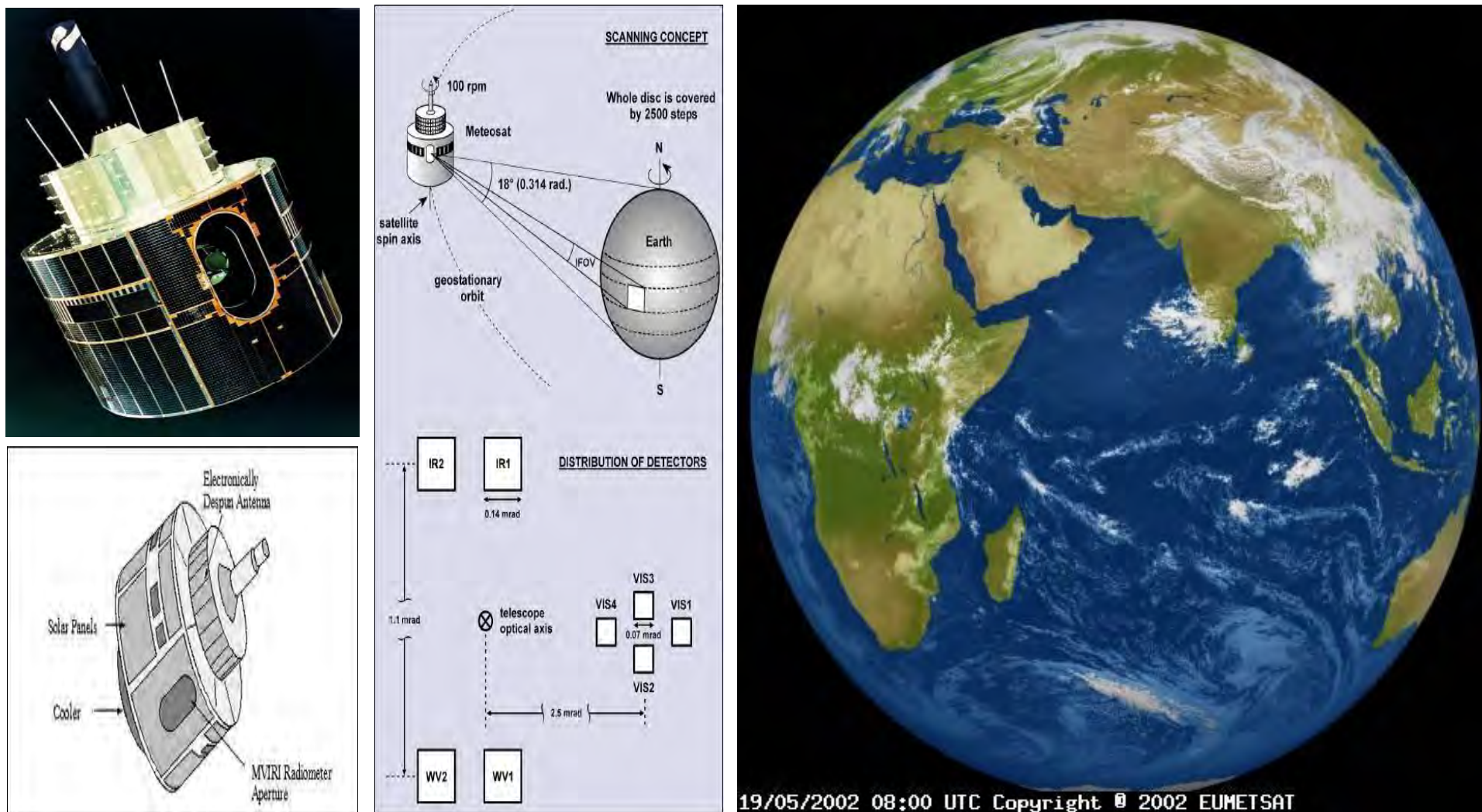
**Figura 5.10. Râul Mississippi evoluează continuu și își schimbă cursul, după cum atestă aceste două imagini. La stânga, harta lui Harold Fisk din 1944 acoperă o porțiune a râului dintre Friars Point și Gunnison, Mississippi. La dreapta, imaginea transmisă de misiunea ASTER, la data de 31 martie 2017 arată clar evoluția canalului principal care a avut loc în cei 73 de ani. Imaginea acoperă o suprafață de 39,2 pe 56,3 km și este situată la 34,1 grade nord, 90,4 grade vest, Sursa: NASA/METI/AIST/Japan Space Systems și U.S./Japan ASTER Science Team[52-54]**



a.

b.

**Figura 5.11. Imagini privind implicarea misiunii ASTER în studierea evoluției scoarței terestre, a. La aproximativ 80 km sud de Banda Aceh, Indonezia, satele de coastă au fost distruse de tsunami-ul din decembrie 2004. Aceste imagini arată site-urile Bahak Nipah și Keudepate în 2001 (imaginea din stânga) și 12 ianuarie 2005. Imaginea anterioară a fost achiziționată de Landsat-7 în iunie 2001, iar imaginea ulterioară a fost achiziționată de ASTER. Imaginile sunt situate în apropiere de latitudinea 4,8 grade nord și longitudine 95,4 est. Ele acoperă o suprafață de aproximativ 14,3 x 9,1 km[55], b. Addis Ababa, capitala Etiopiei. Imaginea de sus a fost achiziționată de Landsat MSS în 1973. Imaginea de jos a fost achiziționată de ASTER pe 16 decembrie 2007. Imaginile acoperă o suprafață de 19,5 x 28,5 km și este situată la 9,1 grade latitudine nordică, 38,7 grade longitudine estică[56]**

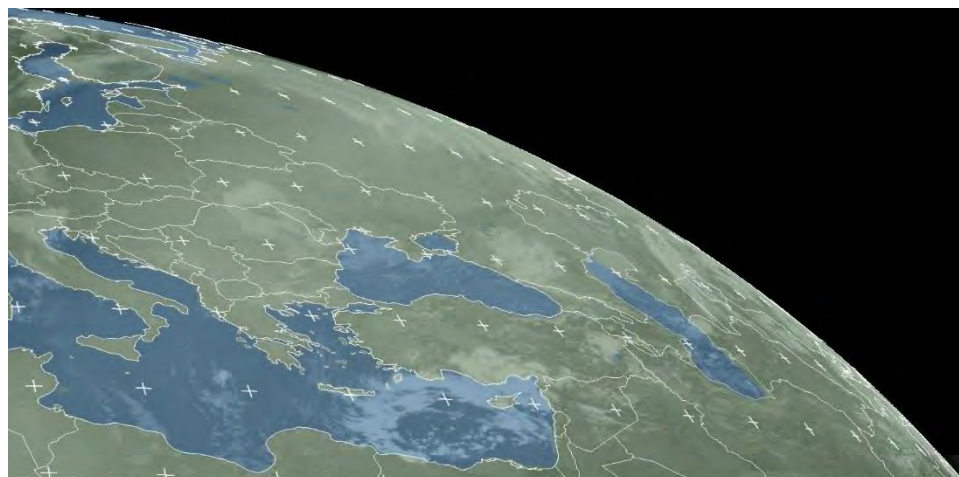


a.

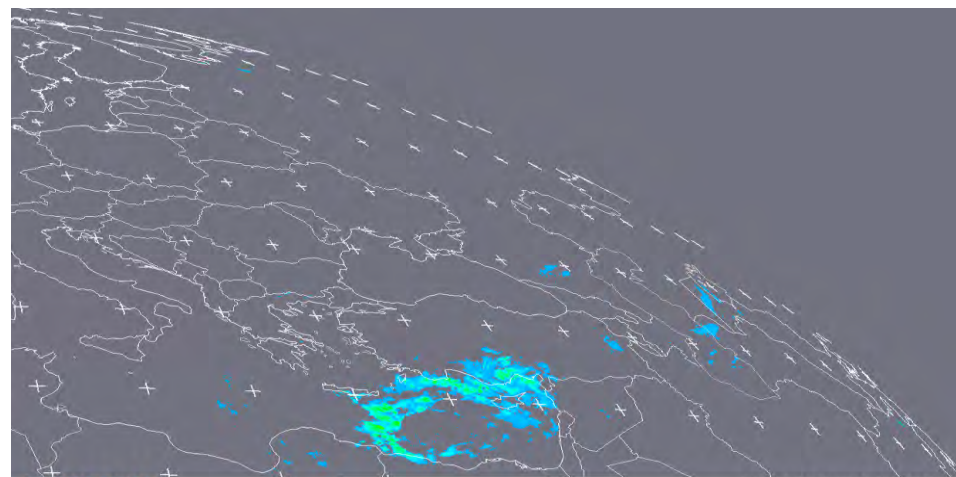
b.

c.

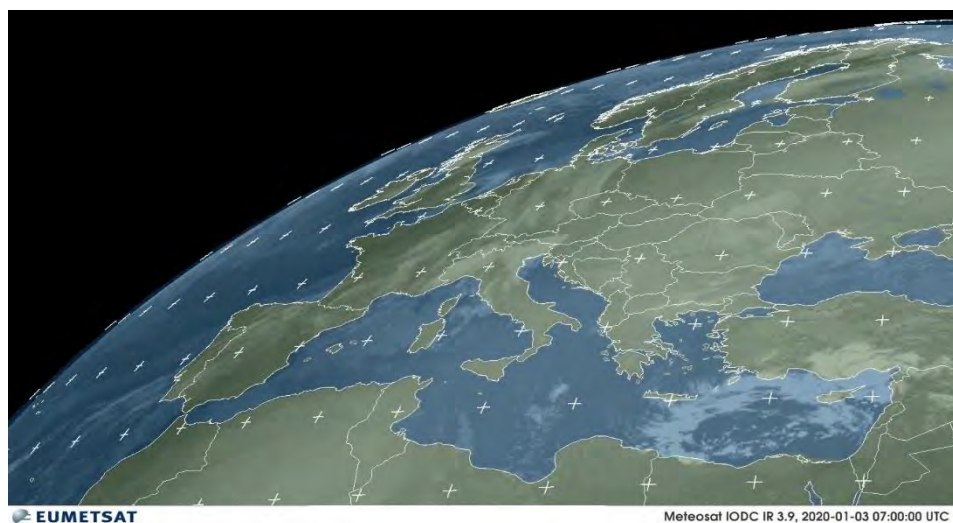
Figura 5.12. a. Sateliții Meteorolite-1 până la Meteorolite -7(image credit ESA), b. Vedere schematică a geometriei scanării MVIRI(Meteorolite Visible and Infrared Imager) și distribuția detectoarelor în planul focal al radiometrului(image credit ESA), c. Vedere a Pământului transmisă de Meteorolite-5 pentru serviciile IODC(Indian Ocean Data Coverage) (image credit ESA)[60-67]



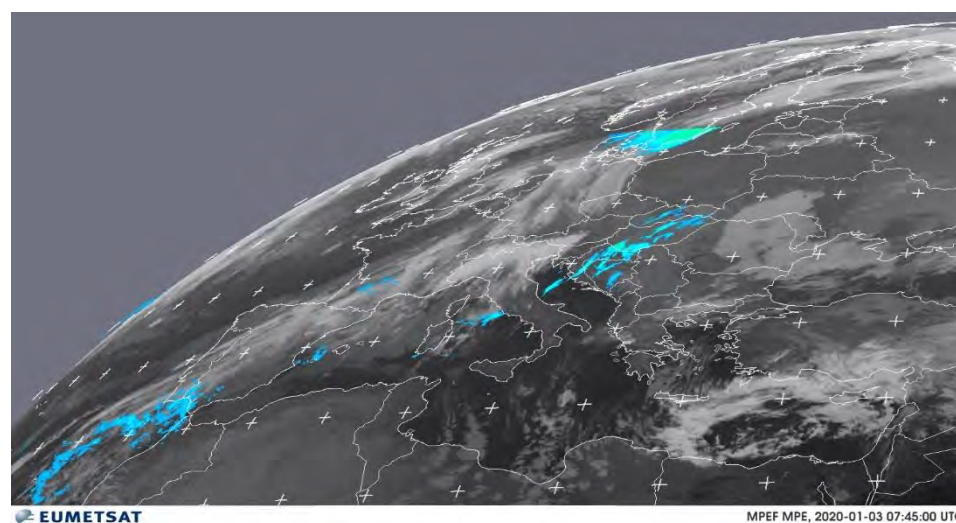
a.



b.



c.



d.

**Figura 5.13. Imagini transmise de programul spatial Meteosat- EUMETSAT, Meteosat 0 Degree, a. Channels IR 3.9, Europa de Est, imagine color, b. Visualised Products, H-SAF H03B, Europa de Est, imagine generată după prelucrare, Meteosat 41.5 degrees (IODC), c. Channels IR 3.9, imagine color, Europa, d. Visualised Products, MPE, Europa, imagine generată după prelucrare[62]**



**Figura 5.14. Imagine în culori normale, cu o corecție a undelor reflectate, care arată uraganul Dorian peste Insulele Bahamas, realizat la 18:35 UTC, la data de 1 septembrie 2019. Imaginea a fost surprinsă de instrumentul Radiometru vizibil cu infraroșu (VIIRS) de pe instrumentul NASA / NOAA Suomi-National Polar -orbiting Parteneriat (Suomi-NPP) satelit[63]**

### F. Misiunea spațială GeoEye[68-108]

Satelitul GeoEye-1 a fost lansat pe 6 septembrie 2008, în cadrul unei misiuni spațiale private, acesta având un sistem de imagistică de înaltă rezoluție fiind capabil să colecteze imagini cu o rezoluție la sol de 0,41 metri în modul pancromatic sau alb-negru. Colectează, de asemenea, imagini multispectrale sau color la o rezoluție de 1,65 metri. De asemenea, are un timp de revizuire mai mic de trei zile, precum și capacitatea de a localiza un obiect la doar trei metri de locația sa fizică. Sensorul de satelit GeoEye-1 oferă cea mai sofisticată tehnologie folosită vreodată într-un sistem comercial de teledetecție. Acest sensor este optimizat pentru proiecte mari, deoarece poate produce în fiecare zi peste 350.000 de kilometri pătrați de imagini multispectrale prin satelit. GeoEye-1 a zburat la o altitudine de aproximativ 681 de kilometri și este capabil să producă imagini cu o distanță de eșantionare la sol de 46 de centimetri, ceea ce înseamnă că poate detecta obiecte cu diametrul respectiv sau mai mare. Pe parcursul verii sfârșitului anului 2013, altitudinea orbită a sensorului de satelit GeoEye-1 a fost ridicată la 770 km. Distanța nouă a eșantionului de sol GeoEye-1 (GSD) este de 46 cm în comparație cu GSD-ul anterior de 41cm.

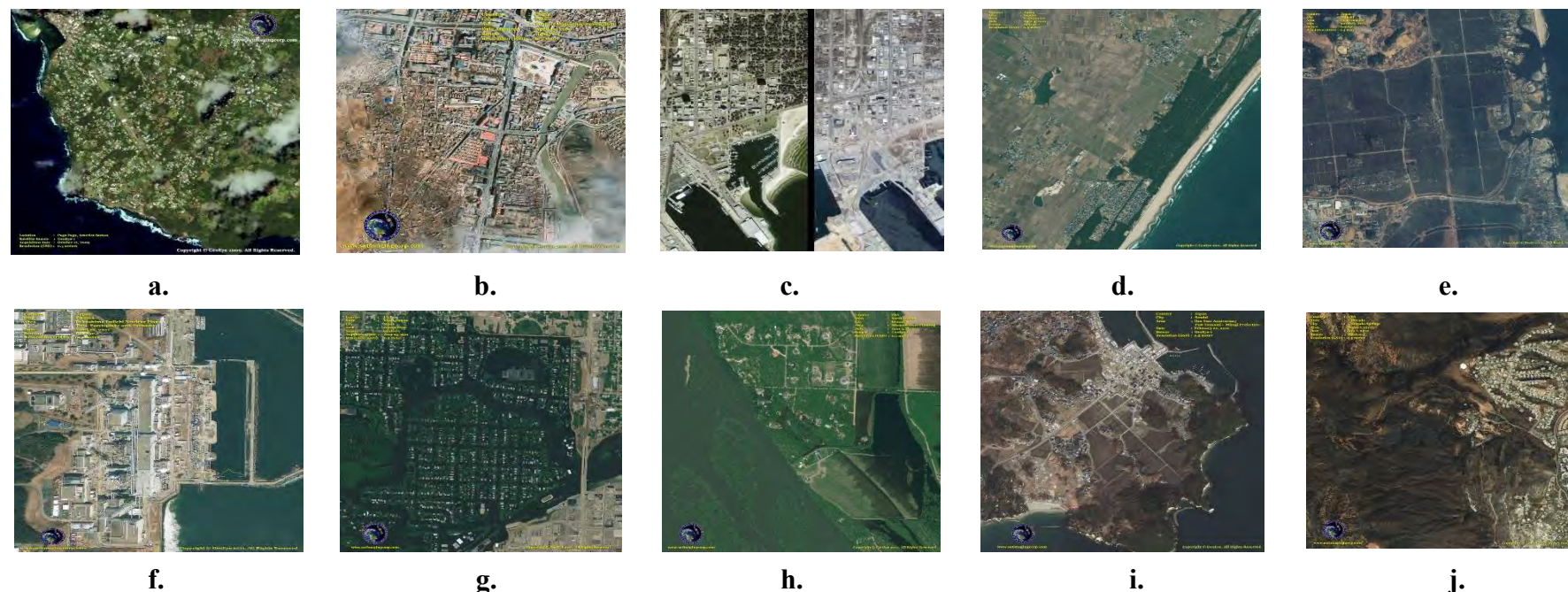


Figura 5.15. Imagini furnizate de satelitul GeoEye-1, pentru monitorizarea dezastrelor, a. Pago Pago, American Samoa[69], b. Yushu, China - 7.1 Magnitude Earthquake[70], c. Hurricane Katrina, Louisiana, SUA,[71], d. Before Tsunami, Sendai, Japonia, [72], e. After Tsunami, Shinchi[73], f. Fukushima Daiichi, April 12, 2011, Okuma, Japonia[74], g. Minot, North Dakota, SUA[75], h. Bismarck, North Dakota[76], i. Tsunami Aftermath, One Year Later, Sendai, Japonia[77], j. Wildfires, Colorado Springs, SUA[78]



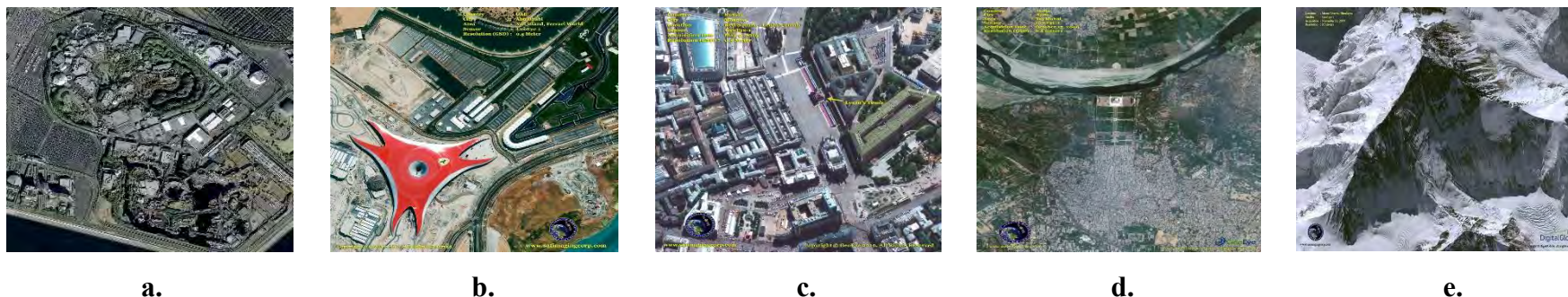


Figura 5.16. Imagini furnizate de satelitul GeoEye-1, pentru sport și turism, a. Tokyo Disneyland, Japonia[79], b. Ferrari World Abu Dhabi, UAE[80], c. Lenin's Tomb, Moscow, Russia[81], d. Taj Mahal Agra, India[82], e. Muntele Everest[83]



Figura 5.17. Agricultură, a. Inakadate, Aomori, Japonia[84], b. Tanbo Art (Rice Fields), Inakadate, Aomori, Japonia[85], c. 2m Enhanced Vegetation Indices[86], Cadastru, d. Kutztown University - Pennsylvania, SUA[87], e. Monrovia, Liberia[88]



Figura 5.18. Arheologie, a. Ruins of Leptis Magna Al Khums, Libia [89], b. Neapole, Italia[90], c. Giza Pyramids, Egipt [91], Evenimente curente de interes mondial, d. Tahrir Square, 2011 Egyptian Protests[92], e. Cetatea Vaticanului, 2011 Easter Services[93]



a.



b.



c.

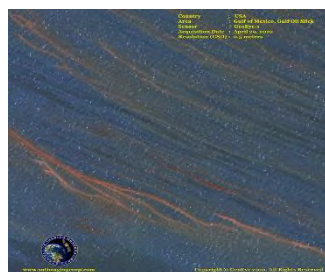


d.



e.

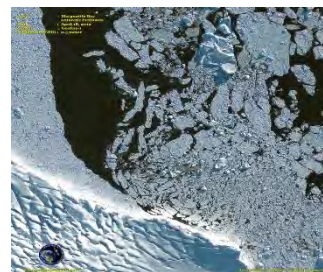
Figura 5.19. Imagini furnizate de satelitul GeoEye-1, pentru apărare, a. Nuclear Facilities, Qom, Iran[94], b. Aircraft Graveyard at Davis-Monthan AFB[95], Inginerie și Construcții, c. Barajul Hoover, U.S.A[96], d. Burj Khalifa, Dubai[97], e. Olympic Stadium, Londra[98]



a.



b.



c.



d.



e.

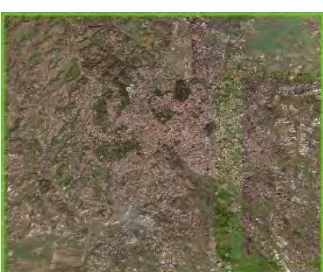
Figura 5.20. Monitorizarea mediului, a. Deepwater Horizon, Oil Spill, Gulf of Mexico[99], b. Yellowstone River, Oil Spill Clean Up [100], c. Antarctic Peninsula[101], d. Rothera Research Station, Antarctic Peninsula[102], e. Wildebeest(Pășările Gnu) Migration, Kenya[103]



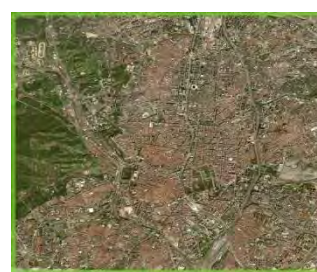
a.



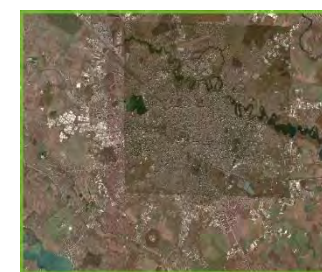
b.



c.



d.



e.

Figura 5.21. Industria minieră, a. Mining in Marcona, Peru[104], Imagini recente, b. Centrul Parisului la data de 15.09.2019[105], c. Centrul Romei la data de 02.01.2020[105], d. Centrul Madridului la data de 03.12.2019[105], e. Centrul Bucureștiului la data de 31.12.2019 [105]

### G. Misiunea spațială DigitalGlobe[109,110]

DigitalGlobe este prima companie private care livrează imagini cu rezoluție de 30 cm. Satelitul WorldView-2 al misiunii spațiale DigitalGlobe oferă imagini panchromatice, comerciale, de înaltă rezoluție, cu o rezoluție spațială de 0,46 m care permite să se distingă între obiectele de pe sol care se află la cel puțin 46 cm distanță. În mod similar, satelitul QuickBird al DigitalGlobe asigură o rezoluție de 0,6 metri (la NADIR), de asemenea imagini panchromatice. Satelitul WorldView-3 al DigitalGlobe oferă imagini prin satelit comerciale de înaltă rezoluție, cu rezoluție spațială de 0,31 m și poartă, de asemenea, un senzor cu infraroșu cu undă scurtă și un senzor atmosferic. Constelația DigitalGlobe de sateliți are o capacitate zilnică de preluare de imagini de peste trei milioane de kilometri pătrați, îmbogățind continuu cea mai mare bibliotecă de imagini din lume.

| Area Name | Selected | Coverage |  |
|-----------|----------|----------|--|
| AOI 1     | 4/12     | 100%     |  |

| Source  | Collected  | Area Clouds | Area Off Nadir |   |
|---|------------|-------------|----------------|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> WV03  | 2019-12-13 | 6.6%        | 20.0°          | ⊖ |
| Image ID: 104005001CDCEF00    Max GSD: 0.35m<br>Image Clouds: 32.0%    Sun Elevation: 20.1°<br>Image Off Nadir: 20.2°    Max Target Azimuth: 104.9°<br>Bands: 8-BANDS    Browse: <a href="#">view</a> |            |             |                |   |
| <input checked="" type="checkbox"/> WV03  | 2019-11-17 | 14.3%       | 1.8°           | ⊕ |
| <input checked="" type="checkbox"/> WV02  | 2019-06-02 | 0.0%        | 27.4°          | ⊕ |
| <input checked="" type="checkbox"/> WV02  | 2018-11-07 | 0.0%        | 22.2°          | ⊕ |
| <input type="checkbox"/> WV02   | 2018-11-07 | 0.0%        | 25.0°          | ⊕ |
| <input type="checkbox"/> WV04   | 2018-10-07 | 0.0%        | 22.6°          | ⊕ |
| <input type="checkbox"/> WV04   | 2018-10-07 | 0.0%        | 13.8°          | ⊕ |

Area: 41 km<sup>2</sup> Coverage: 41 km<sup>2</sup>    Lat: 46.75 Long: 23.57    1 km / 3000 ft

Figura 5.22. Situl de căutare de imagini al DigitalGlobe, imagine a Municipiului Cluj Napoca preluată de sateliții misiunii la data de 13.12.2019 [110]

## H. Misiunea spațială Spot[111-129]

Spot Image este o societate pe acțiuni creată în 1982 de French Space Agency (Agenția Spațială Franceză), Centre National d'Etudes Spatiales (CNES), IGN, și Producători de spațiu (Matra, Alcatel, SSC etc.) este o filială a Airbus Defense and Space. Compania este operatorul comercial pentru sateliții de observare ai Pământului SPOT. Cei 3 sateliți SPOT aflați pe orbită (Spot 5, 6, 7) oferă imagini cu rezoluție foarte înaltă, respectiv, 1,5 m pentru canalul Panchromatic, 6m pentru Multi-spectral (R, G, B, NIR). Spot Image distribuie, de asemenea, date multisoluție de la alți sateliți optici, în special de la Formosat-2 (Taiwan) și Kompsat-2 (Coreea de Sud) și de la sateliți radar (TerraSar-X, ERS, Envisat, Radarsat). Spot Image este, de asemenea, distribuitorul exclusiv de date de la sateliții Pleiades de înaltă rezoluție, cu o rezoluție de 0,50 metri. Lansările au avut loc în 2011, respectiv 2012. De asemenea, compania oferă infrastructuri pentru primirea și procesarea, precum și alte opțiuni de procesare a datelor. În plus față de imagini, Spot Image propune produse cu valoare adăugată inovatoare pentru a răspunde nevoilor utilizatorilor noi:

- Orto-imagini (SPOTView ortho) a căror precizie de locație este mai mică de 10 m RMS;
- Acoperire teritorială omogenă, ortorectificată (SPOTMaps), în culori naturale cu rezoluție de 2,5 m;
- Produse 3D (SPOT DEM) construite din corelația automată a perechilor stereoscopice HRS SPOT 5 (High Resolution Stereoscopic).

Printre serviciile oferite de Spot File:

- Programarea sateliților SPOT: programarea satelitului cu acces direct și capacitatea de revizuire regulată pe același punct de pe glob permit achiziția de imagini dintr-o zonă de interes selectată.
- Planet Action, o inițiativă lansată de Spot Image care susține proiecte care studiază:
  - ✓ Impactul asupra populațiilor și habitatului a poluării, schimbărilor climatice, dezastrelor,
  - ✓ Seceta, deșertificarea și resursele de apă,
  - ✓ Vegetația, biodiversitatea și ecosistemele,
  - ✓ Oceanele,
  - ✓ Gheață, ghețarii și stratul de zăpadă.

Arhivele SPOT conțin peste 18 milioane de imagini din întreaga lume, colectate de sateliții SPOT din 1986, care sunt arhivate și accesibile on-line, oferind informații geografice recente sau istorice.

Satelitul SPOT-5 a fost dezafectat începând cu 31 martie 2015. SPOT-5 a fost plasat pe orbită de către un Ariane 4 din centrul spațial Guiana Space Centre, Kourou, French Guyana, în noaptea de 3 spre 4 mai 2002. Datorită rezoluției îmbunătățite de 5 metri și 2,5 metri și swath-ului imagistic larg, care acoperă 60 x 60 km sau 60 km x 120 km în modul, cu două instrumente, satelitul SPOT-5 oferă un echilibru ideal între rezoluție înaltă și acoperire largă. În comparație cu predecesorii săi, satelitul SPOT-5 a oferit funcții îmbunătățite, ceea ce a furnizat soluții de imagistică suplimentare din punct de vedere al costurilor. Acoperirea oferită de SPOT-5 a reprezentat un atu cheie pentru aplicații precum cartografierea la scară medie (la 1:25 000 și 1:10 000 local), planificarea urbană și rurală, explorarea petrolului și a gazelor și gestionarea dezastrelor naturale. Cealaltă caracteristică cheie a SPOT-5 a fost capacitatea de achiziție fără precedent a instrumentului de vizualizare stereo de bord HRS, care ar putea acoperi zone vaste într-un singur pas. Imaginile prin satelit stereo sunt vitale pentru aplicațiile care apelează la modelarea 3D a terenurilor și a mediilor de calculator, precum baze de date ale simulatoarelor de zbor, coridoarele conductelor și planificarea rețelei de telefonie mobilă.

Satelitul SPOT-6 a fost construit de AIRBUS Defense & Space și a fost lansat pe 9 septembrie 2012 de către un lansator PSLV de la Centrul Spațial Satish Dhawan din India. Satelitul SPOT-6 s-a alăturat Constelației Pleiades I acesta adăugându-se ulterior SPOT-7 lansat în 2014. SPOT-6 este un satelit

de imagistică optică capabil să imagineze Pământul cu o rezoluție de 1,5 metri panchromatică și 6 metri multispectrală (albastru, verde, roșu, IR) și oferă produse imagistice clienților care activează în domeniul apărare, agricultură, defrișare, monitorizarea mediului, supraveghere costieră, inginerie, petrol, gaze și minerit.

Satelitul SPOT-7 a fost construit de AIRBUS Defense & Space și a fost lansat la data de 30 iunie 2014 de către un lansator PSLV de la Centrul Spațial Satish Dhawan din India. SPOT-6 și 7 vor acoperi zone mai largi cu o rezoluție de 1,5 m, Pléiades 1A și 1B vor fi concentrate pe zone mai vizate cu un nivel mai mare de detalii (produse de 50 cm). Cu ambii sateliți în orbită, capacitatea de achiziție va fi sporită la șase milioane de kilometri pătrați pe zi - o suprafață de zece ori mai mare decât Franța. Cu o distanță de 180 ° în aceeași orbită, constelația SPOT-6 și SPOT-7, va aduce acum noi capacități, în special în ceea ce privește claritatea, capacitatea de reacție și capacitatea de colectare:

- Rezoluție 1,5m adecvată pentru cartografierea topografică la scară 1: 25.000;
- Reviziile zilnice pentru întreaga zonă acoperită prin imagini;
- Capacitate largă de acoperire, respective colectarea echivalentului întregii suprafețe terestre în doar două luni.

SPOT-6 și SPOT-7 sunt soluția de facto pentru a acoperi zone largi într-un timp record, făcând posibilă actualizarea regulată a hărților, precum și crearea de hărți tematice.

Sateliții SPOT-6 și SPOT-7 vor asigura continuitatea serviciilor sateliților SPOT-4 și SPOT-5, care funcționează din 1998 și 2002. Mai mult, atât segmentele de la sol cât și cele spațiale au fost proiectate pentru performanțe îmbunătățite în comparație cu misiunile SPOT anterioare, mai ales în termeni de reactivitate, de la sarcinile prin satelit la capacitatea de livrare și colectare a produselor. Constelația SPOT-6 și SPOT-7 vor oferi de fapt o revizuire zilnică oriunde pe Pământ, cu o acoperire totală de 6 milioane km<sup>2</sup> pe zi. SPOT-6 și 7 vor avea o durată de viață de 10 ani.

| SPOT-6 Satellite Sensor Specifications |                                     | SPOT-7 Satellite Sensor Specifications |                                     |
|--|-------------------------------------|--|-------------------------------------|
| Launch Date                            | September 9, 2012                   | Launch Date                            | June 30, 2014                       |
| Launch Vehicle                         | PSLV                                | Launch Vehicle                         | PSLV                                |
| Launch Location                        | Satish Dhawan Space Center (India)  | Launch Location                        | Satish Dhawan Space Center (India)  |
| Multispectral Imagery (4 bands)        | Blue (0.455 μm – 0.525 μm)          | Multispectral Imagery (4 bands)        | Blue (0.455 μm – 0.525 μm)          |
|  | Green (0.530 μm – 0.590 μm)         |  | Green (0.530 μm – 0.590 μm)         |
|  | Red (0.625 μm – 0.695 μm)           |  | Red (0.625 μm – 0.695 μm)           |
|  | Near-Infrared (0.760 μm – 0.890 μm) |  | Near-Infrared (0.760 μm – 0.890 μm) |
| Resolution (GSD)                       | Panchromatic - 1.5m                 | Resolution (GSD)                       | Panchromatic - 1.5m                 |
|  | Multispectral - 6.0m (B,G,R,NIR)    |  | Multispectral - 6.0m (B,G,R,NIR)    |
| Location Accuracy                      | 10m (CE90)                          | Location Accuracy                      | 10m (CE90)                          |
| Imaging Swath                          | 60 Km at Nadir                      | Imaging Swath                          | 60 Km at Nadir                      |
|  |                                     |  | Location Accuracy : 10m (CE90)      |

Figura 5.23. Caracteristicile principale ale senzorilor sateliților SPOT-6[118] și SPOT-7[119]



a.



b.



c.



d.



e.

Figura 5.24. Imagini furnizate de satelitul SPOT-5, a. Kolontar, Ajka, Ungaria, (2.5m)[113], b. San Francisco, California, SUA, (5m)[114], c. Barmar, India, (10m)[115], d. Tripoli Airport, Libia[116], e. Oil Field Carthage, Texas[117]



a.



b.



c.



d.



e.

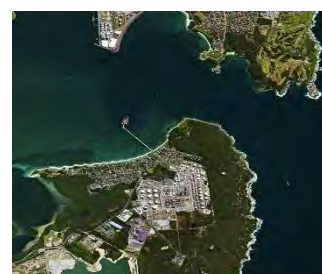
Figura 5.25. Imagini furnizate de satelitul SPOT-6, a. The Pearl, Doha, Qatar[120], b. The Dead Sea, Jordan Rift Valley[121], c. Bora Bora, French Polynesia[122], d. Gibraltar[123], e. Semarang, Indonesia [124]



a.



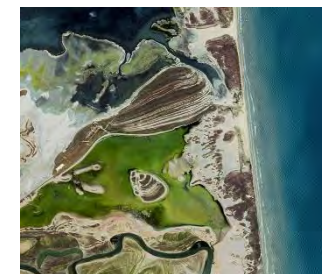
b.



c.



d.



e.

Figura 5.26. Imagini furnizate de satelitul SPOT-7, a. Fiji[125], b. Kilimanjaro[126], c. Sydney, Australia[127], d. Reunion Island[128], e. Port Isabel, Texas[129]

## I. Misiunea spațială BlackBridge [130-136]

Misiunea spațială BlackBridge, cunoscută anterior drept RapidEye, operează o constelație de cinci sateliți, lansată în august 2008, constelația RapidEye conține senzori multispectrali calibrați, identici. Prin urmare, o imagine dintr-un satelit va fi echivalentă cu o imagine din oricare din ceilalți patru, permițând colectarea unei cantități mari de imagini (4 milioane km<sup>2</sup> pe zi) și revizuirea zilnică a unei zone. Fiecare survolare de către un același satelit, cu o orbită de 630 km, livrează imagini la dimensiunea pixelilor de 5 metri. Compania nu numai că oferă imagini, dar își consultă clienții pentru a crea servicii și soluții bazate pe analiza acestei imagini. RapidEye este un sistem comercial complet de observare a Pământului end-to-end cuprinzând pe lângă cei cinci sateliți anterior menționați, un SCC dedicat (Spacecraft Control Center-Centrul de control al navei spațiale), un serviciu de stații la sol de legătură și un segment la sol complet conceput pentru a planifica, achiziționa și prelucra până la 5 milioane km<sup>2</sup> de imagini în fiecare zi pentru a genera produse unice de informare. Sistemul este deținut și operat de BlackBridge. MDA (MacDonald, Dettwiler și Associates Ltd) a fost contractantul principal al misiunii și a fost responsabil de livrarea segmentelor de spațiu și de sol, de lansarea constelației și de punerea în funcțiune pe orbită și calibrarea camerei. Constelația RapidEye reprezintă o etapă importantă în industria observației Pământului. Este primul sistem operațional complet de observație a Pământului din clasa operațională, folosind o constelație de 5 sateliți care oferă performanțe de neegalat. Obiectivul principal este de a oferi o serie de produse și servicii de observare a Pământului unei comunități globale de utilizatori. Principalele piețe verticale pe care le servește BlackBridge sunt:

- Agricultura,
- Mediul înconjurător,
- Silvicultura,
- Cartografierea,
- Informațiile și apărarea,
- Securitatea și gestionarea situațiilor de urgență,
- Simularea vizuală.

Conceptul de afaceri RapidEye a fost inițiat în 1996 de Kayser-Threde GmbH din Munchen, cu sprijinul Agenției Spațiale Germane(DLR). Obiectivul general a fost furnizarea de soluții end-to-end clienților ale căror informații geospațiale au nevoie de acoperire pe suprafețe mari, monitorizare repetată și revizuirii frecvente. În septembrie 2002, RapidEye (cunoscut sub numele de BlackBridge din noiembrie 2013) și MDA din Richmond, Canada, au semnat un acord de parteneriat. În acest parteneriat, MDA este contractantul general al misiunii, responsabil cu implementarea segmentelor de spațiu și sol, lansarea și punerea în funcțiune și calibrarea pe orbită

|                                |   |
|--------------------------------|---|
| No of satellites               | 5   |
| FOR (Field of Regard)          | ±20° in cross-track   |
| Optical payload                | Multispectral pushbroom imager  |
| Downlink of imagery            | 80 Mbit/s (X-band)  |
| GSD at nadir                   | ~6.5 m  |
| Swath width                    | 77 km   |
| Imager CCD detector            | Linear array, 12 k pixel  |
| Global revisit time            | 1 day (with body-pointing capability)   |
| Onboard data storage           | 48 Gbit, (1,200 km of imagery/orbit)  |
| Optical bands,                 | 5, (400-850 nm)   |
| Data quantization              | 12 bit  |
| Spacecraft pointing capability | Agile spacecraft with 3-axis control, typical across track off-pointing up to ±20°, 0.2° (3σ) pointing control accuracy |
| Spacecraft launch mass         | ~156 kg   |
| Mission design life            | > 7 years   |
| Orbit                          | Nominal circular SSO, 630 km altitude, 11:00 hours equator crossing time on descending node                             |

**Tabelul 5.4. Prezentare generală a parametrilor cheie ai misiunii BlackBridge-RapidEye[131]**

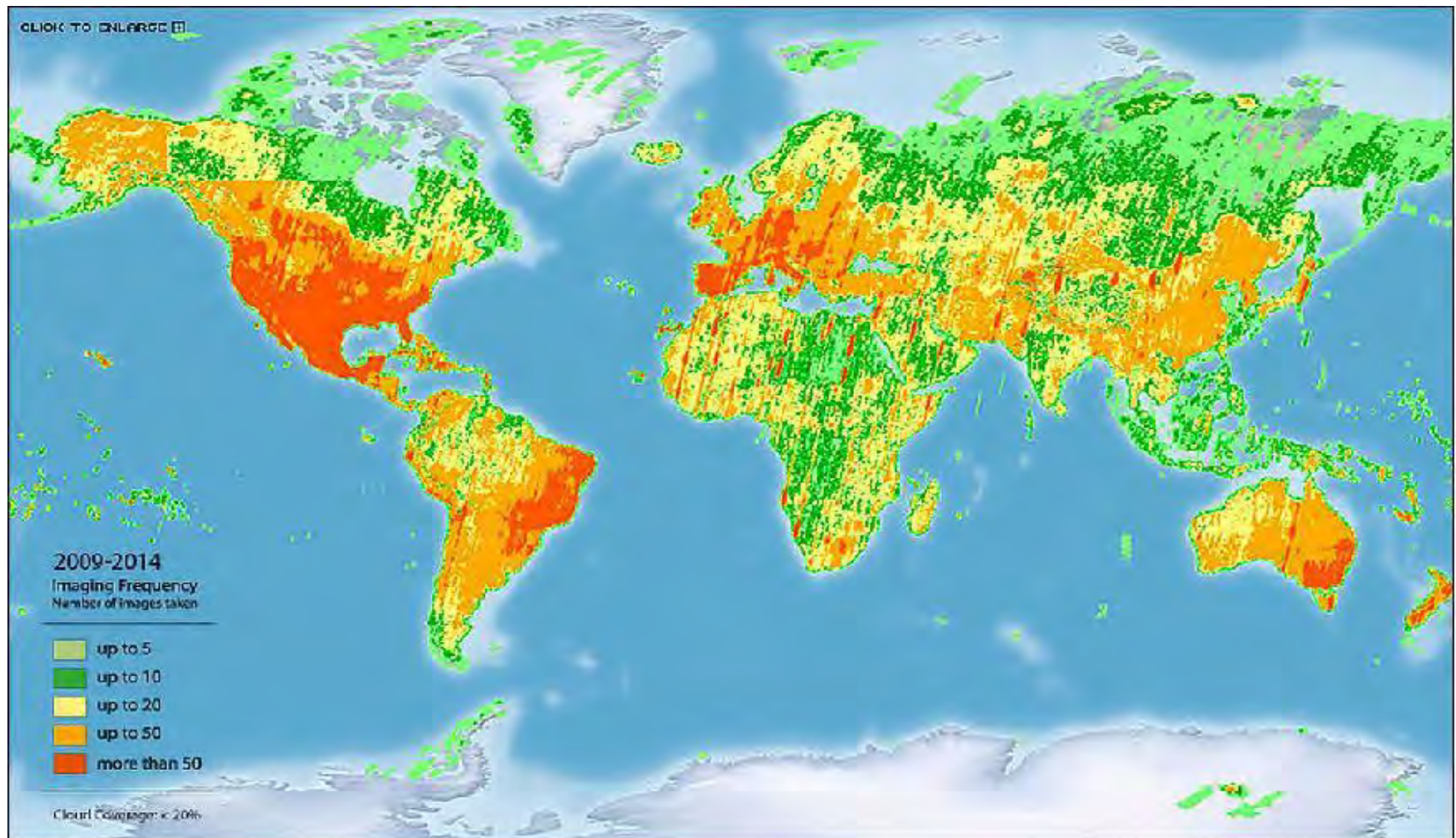


Figura 5.27. Frecvența imagistică a datelor arhivei RapidEye între începutul operațiunilor din februarie 2009 până la 30 iunie 2014 (credit imagine: BlackBridge)[131]



**J. Misiunea spațială israeliană ImageSat International[137-151]**

Satețiții Earth Resource Observation Satellites, mai bine cunoscuți sub numele de „EROS”, este o serie de sateliți comerciali israelieni de observare a Pământului, proiectați și fabricați de Israel Aircraft Industries (IAI), cu sarcină utilă furnizată de El-Op. Sateliții sunt deținuți și operați de ImageSat International (ISI), o altă companie israeliană. EROS sunt sateliți cu rezoluție înaltă, cu orbită în jurul Pământului, concepuți pentru manevrarea rapidă între țintele imagistice. Pe piața sateliților comerciali de înaltă rezoluție, EROS este cel mai mic satelit cu rezoluție foarte înaltă, este foarte manevrabil și adaptabil și permite astfel performanțe foarte mari. Sateliții sunt desfășurați pe o orbită polară, sincronă, la o altitudine de 510 km (+/- 40 km). Aplicațiile de imagini din sateliți EROS sunt destinate în principal scopurilor de informații, securității interne și dezvoltării naționale, dar sunt folosite și într-o gamă largă de aplicații civile, inclusiv: cartografiere, control de frontieră, planificare a infrastructurii, monitorizare agricolă, monitorizare de mediu, răspuns la dezastre, instruire și simulări etc.

EROS A, un satelit de înaltă rezoluție cu rezoluție de 1,9–1,2m pancromatic, a fost lansat de pe lansatorul rus Start-1 pe 5 decembrie 2000, de la Complexul Svobodny Launch din estul Siberiei, până la o altitudine de orbită a Pământului (Low Earth orbit-LEO) de 480 km. Satelitul oferă imagini comerciale cu o rezoluție optică de 1,8 metri. Satelitul orbitează la Pământ pe o orbită sincronă a soarelui, astfel încât obiectivul său imagistic este întotdeauna în lumina zilei. Întotdeauna traversează ecuatorul la ora locală 9:45. Dimensiunile sale: înălțime: 2,3 m, diametru: 1,2 m. Cântărea 250 kg la lansare. Acesta a fost construit pe baza satelitului de recunoaștere militară Ofeq 3, care a fost construit anterior, tot de IAI și El-Op, pentru utilizarea guvernului israelian. Un alt satelit EROS-A a fost planificat, dar în cele din urmă a fost anulat. EROS A și-a încheiat misiunea la data de 7 iulie 2016, după un serviciu de 15 ani, șapte luni și o zi, deși inițial era planificat un serviciu de 6 ani.

EROS B, cea de-a doua generație de sateliți cu rezoluție foarte înaltă, cu rezoluție de 70 cm pancromatică, a fost lansat la data de 25 aprilie 2006. ImageSat intenționa inițial să lanseze un satelit similar la fiecare 6 ani după EROS A. EROS B a fost lansat la bordul unei rachete rusești Start-1 din Complexul Svobodny Launch din estul Siberiei. Satelitul oferă o rezoluție optică de 70 cm și, începând cu data lansării, planurile erau să fie folosit pentru a monitoriza dezvoltarea programului nuclear din Iran pentru a determina potențiale amenințări la adresa securității israeliene. Satelitul este echipat cu un tablou de scanner CCD-push broom scanner array, care oferă 10.000 pixeli pe linie și un total de 96 de linii pentru suportul de observare TDI selectabil. Nava spațială poate fi funcționată atât în modul imagistic asincron cât și în mod sincron. Are o distanță de eșantionare la sol de 0,70 m pancromatic. Spre deosebire de EROS A, al cărui scop principal este de a sprijini domeniul agricol, EROS B este conceput mai special pentru supravegherea ilegală a construcțiilor, monitorizarea generală a infrastructurii și monitorizarea de urgență, cum ar fi explorarea petrolului și a gazelor. EROS B este primul satelit comercial care oferă imagini de înaltă rezoluție spațială a luminilor de noapte din spațiu. Inițial, a fost planificată o constelație de 4 sateliți EROS-B, dar numărul sateliților a fost până la urmă redus la doar unul. Durata misiunii EROS B a fost programată la 10 ani dar administratorul acestuia ImageSat estimează că satelitul va funcționa 14 ani.

**K. Misiunea spațială chineză China Siwei[152-155]**

GaoJing-1 / SuperView-1 (01, 02, 03, 04) este o constelație comercială a sateliților chinezi de teledetecție controlată de China Siwei Surveying and Mapping Technology Co. Ltd. Cei patru sateliți funcționează de la o altitudine de 530 km și sunt în trepte 90 ° una de cealaltă pe aceeași orbită, oferind o rezoluție pancromatică de 0,5 m și o rezoluție multispectrală de 2 m pe o linie de 12 km. Space View Technology a primit distribuția de imagini a sateliților chinezi de către guvernul chinez, inclusiv GF-2 (Gaofen-2), GF-1, ZY-3 (Zi Yuan-3) și HJ-1A & B (Huan Jing-1) pe piața mondială din 2014. Înființarea unei platforme integrate de tranzacționare a datelor prin satelit și a băncii de date răspunde diverselor cerințe ale guvernelor, întreprinderilor, iar scena maximă vizualizată poate fi de 60 km x 70 km de date video.

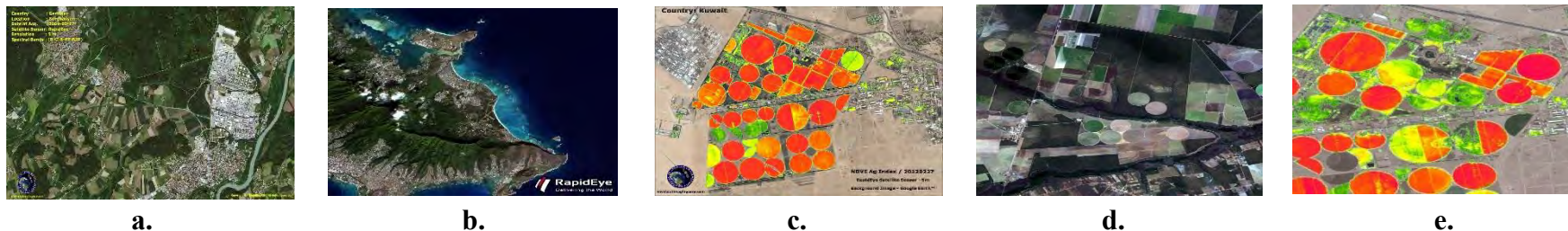


Figura 5.28. Imagini furnizate de sateliții misiunii BlackBridge-RapidEye, a. Burghausen, Germania[132], b. Oahu, Hawaii, SUA[133], c. NVDI Index, Kuwait[134], d. Bahia, Brazil[135], e. Pivot - Agriculture Mapping, Kuwait[136]

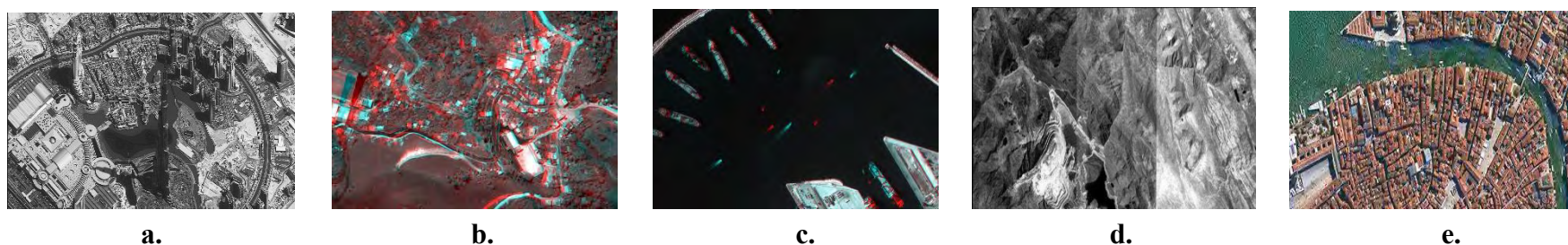


Figura 5.29. Imagini furnizate de sateliții EROS A și B, a. Imaginea de bază cu rezoluție foarte înaltă a sateliților EROS-A și EROS-B cu lățimea fixă și lungimea variabilă[151], b. Imagine stereoscopică, două imagini de bază EROS-B care se suprapun, obținute în unghiuri simetrice de decalaj în timpul aceleiași treceri[151], c. O imagine multiplă este alcătuită din mai mult de două imagini de bază EROS-B suprapuse, dobândite în aceeași trecere[151], d. Acoperirea poligonului este alcătuită din mai multe imagini de bază EROS-B adiacente, pe care utilizatorul le poate defini folosind diferite metode[151], e. Când sunt de dorit date cu mai multe spectre (MS), își folosește datele BlackBridge (RapidEye) pentru a colora / a clarifica datele EROS-B[151]



Figura 5.30. Imagini furnizate de sateliții GaoJing-1 / SuperView-1, a. Palatul Potala din Lhasa, regiunea autonomă Tibet, imagine lansată de rețeaua SuperView(credit imagine: China Daily)[154], b. Terminalele de containere Kwai Tsing din Hong Kong, așa cum este observat de unul dintre sateliții SuperView 1(credit imagine: Beijing Space View)[154], c. Malaysia[155], d. ShangHai[155],e. Canberra[155]

## 5.4. Înregistrări pancromatice, multispectrale și hiperspectrale[156-190]

### 5.4.1. Înregistrări pancromatice[156-159]

O imagine pancromatică (bandă alb-negru) reprezintă o bandă care conține, de obicei, câteva sute de nanometri lățime care îi permite să mențină un zgomot de semnal ridicat, făcând datele pancromatice disponibile la o rezoluție spațială ridicată. Aceste imagini pot fi adunate cu o rezoluție mai mare, întrucât domeniul spectral oferă detectoarelor mai mici posibilitatea de a fi utilizate în timp ce se menține raportul mare-zgomot. Această capacitate permite să se vadă o porțiune de teren mai mică și să se obțină semnale puternice de pe aceasta. Prin urmare, imaginea pancromatică seamănă, de obicei, cu o bandă largă, care are o rezoluție spațială mai mică (apreciată fiind cu o jumătate mai mică decât banda multispectrală) pe care explorarea imaginii o detaliază. Imaginea Pancromatică este realizată atunci când senzorul imagistic devine sensibil la o cantitate imensă de lungimi de undă a luminilor, care în mod normal se întinde pe o parte vizibilă cu spectru mare. Senzorul este un detector de canale care este sensibil la radiații în limita lungimii de undă largă. Dacă există o coincidență a intervalului vizibil cu intervalul de lungime de undă, atunci imaginea rezultată arată ca o fotografie „alb-negru” din spațiu. Cantitatea fizică măsurată este luminozitatea aparentă a țintei și, prin urmare, se pierde „culoarea” țintelor sau informațiilor spectrale, ceea ce arată că înregistrează toate culorile, dar le retransmite alb-negru, ceea ce înseamnă că banda conține un semnal de gamă largă. Producția de imagini pancromatice este realizată de sateliți, de exemplu, SPOT6 / 7 sau de sateliți Landsat. Această bandă de imagini unice „îmbină” informațiile despre benzile albastre, verzi și roșii vizibile acolo unde este formată folosind energia totală care luminează spectrul vizibil în loc să fie partiționată într-un spectru diferit. Acesta concentrează cantitatea de intensitate pe pixel, care este apoi vizualizată în imaginea de gri. Prin urmare, informațiile din fiecare pixel sunt direct legate de intensitatea radiației solare reflectate de obiecte care se află în acel pixel și senzorul este detectat de acesta. Datorită cantității colectate de radiații pe pixel, senzorii detectează modificările de luminozitate la nivelurile spațiale mai mici. Datele pancromatice sunt de obicei reprezentative pentru o gamă de lungimi de undă și benzi, de exemplu, infraroșu termic sau vizibil, adică combină diferite culori, de aici denumirea „pan” cromatică. Această imagine reprezintă mai mult o combinație de date albastre, verzi și roșii într-o măsură a reflectanței. Unele pot, însă, să includă și radiații la o lungime de undă mai lungă decât lumina roșie, numită radiația „aproape infraroșu”.

Imaginile pancromatice sunt create atunci când senzorul de imagistică este sensibil la o gamă largă de lungimi de undă de lumină, care de obicei se întinde pe o mare parte din partea vizibilă a spectrului. De altfel, toți senzorii imagistici au nevoie de o anumită cantitate minimă de energie lumină înainte de a putea detecta o diferență de luminozitate. Dacă senzorul este sensibil (sau este direcționat doar) la lumină dintr-o parte foarte specifică a spectrului, de exemplu, lungimile de undă albastre, atunci există o cantitate limitată de energie disponibilă pentru senzor în comparație cu un senzor care probează pe un o gamă mai largă de lungimi de undă. Aceasta este ceea ce este cunoscut sub numele de ascuțire pancromatică și este utilizat în mod obișnuit pentru a compensa compromisul spectral / spațial al imaginilor obținute prin satelit. Imaginile pancromatice au o singură bandă care „combină” informațiile din benzile vizibile de albastru, verde și roșu. Cu alte cuvinte, banda se formează utilizând energia totală a luminii în spectrul vizibil și creează o valoare de intensitate unică pe pixel, care este vizualizată în mod obișnuit într-o imagine la scară gri. Informațiile conținute în fiecare pixel al unei imagini pancromatice sunt, prin urmare, direct legate de intensitatea totală a radiației solare care este reflectată de obiectele din pixel și este detectată de senzorul satelitului. Datorită cantității mai mari de radiații solare colectate pe pixel, senzorii / detectoarele pancromatice sunt capabile să detecteze modificări de luminozitate la dimensiuni spațiale mai mici (adică, dimensiunea pixelilor) decât detectoarele multispectrale.

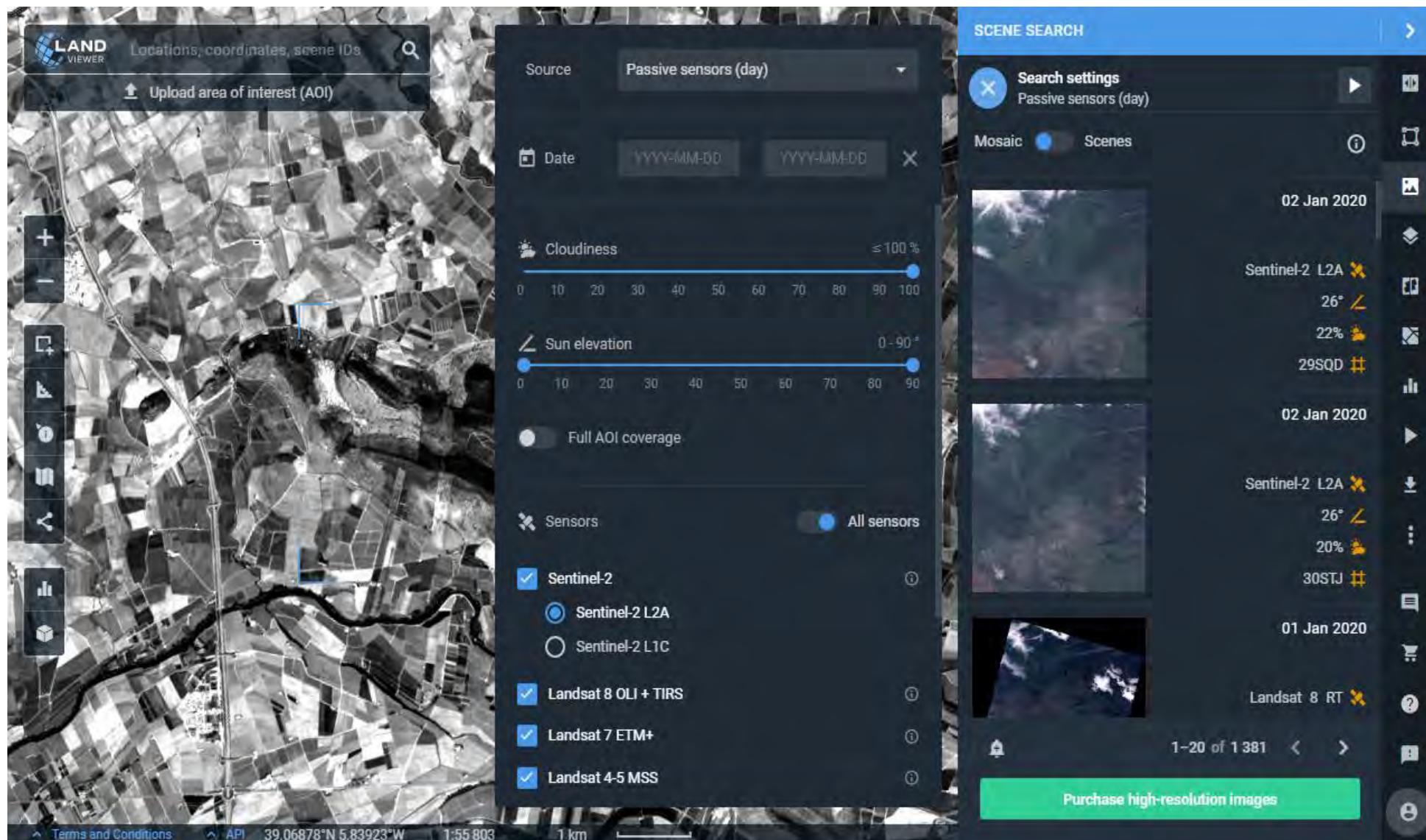


Figura 5.31. Imagine pancromatică furnizată de situl LAND VIEWER al EOS(Earth Observing System), care permite vizualizarea unei imagini pentru o zonă aleasă, Villar de Rena, Badajoz, Spania, 39.06718°N, 5.81726°W, de la un anumit satelit[157]

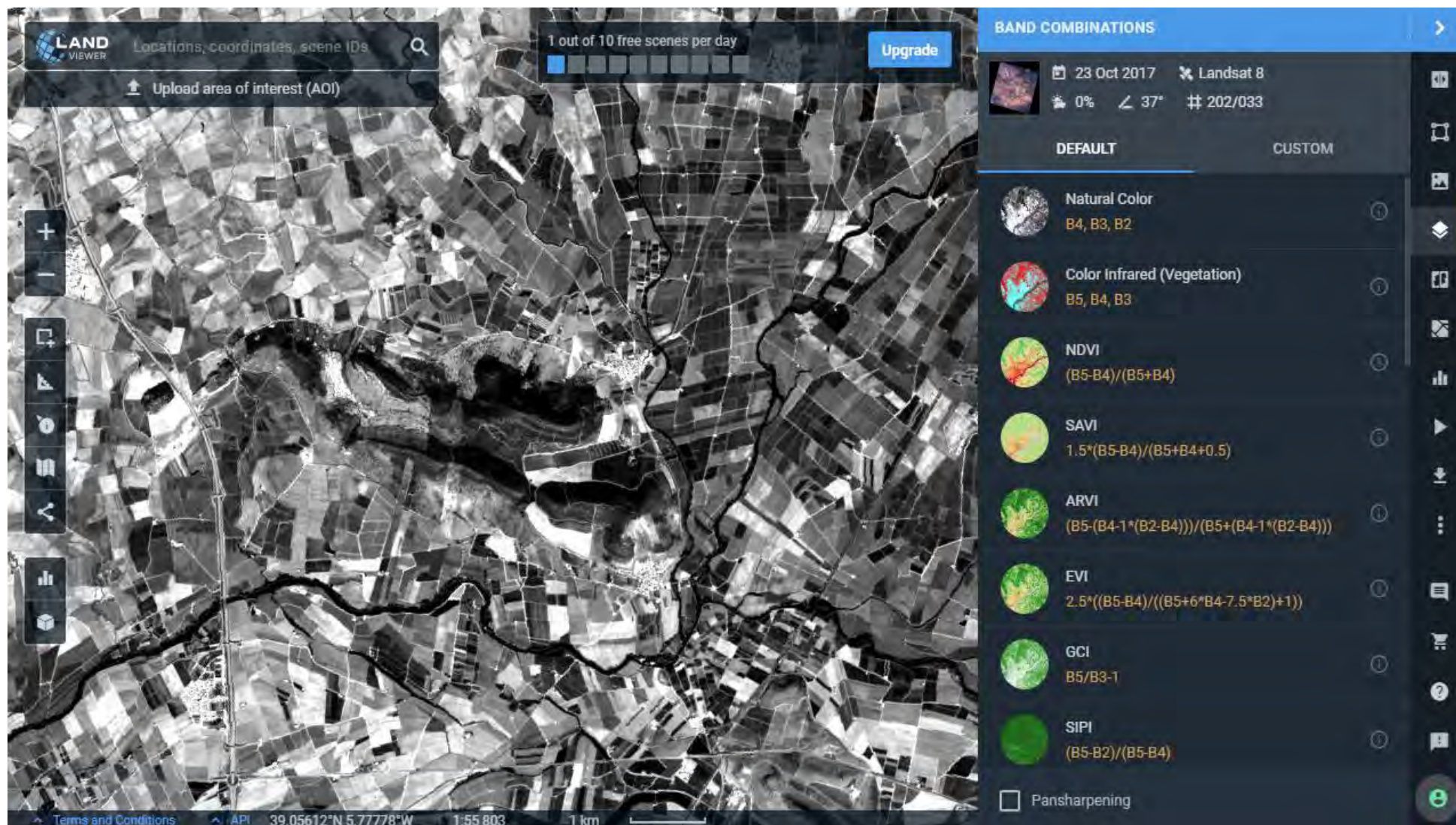
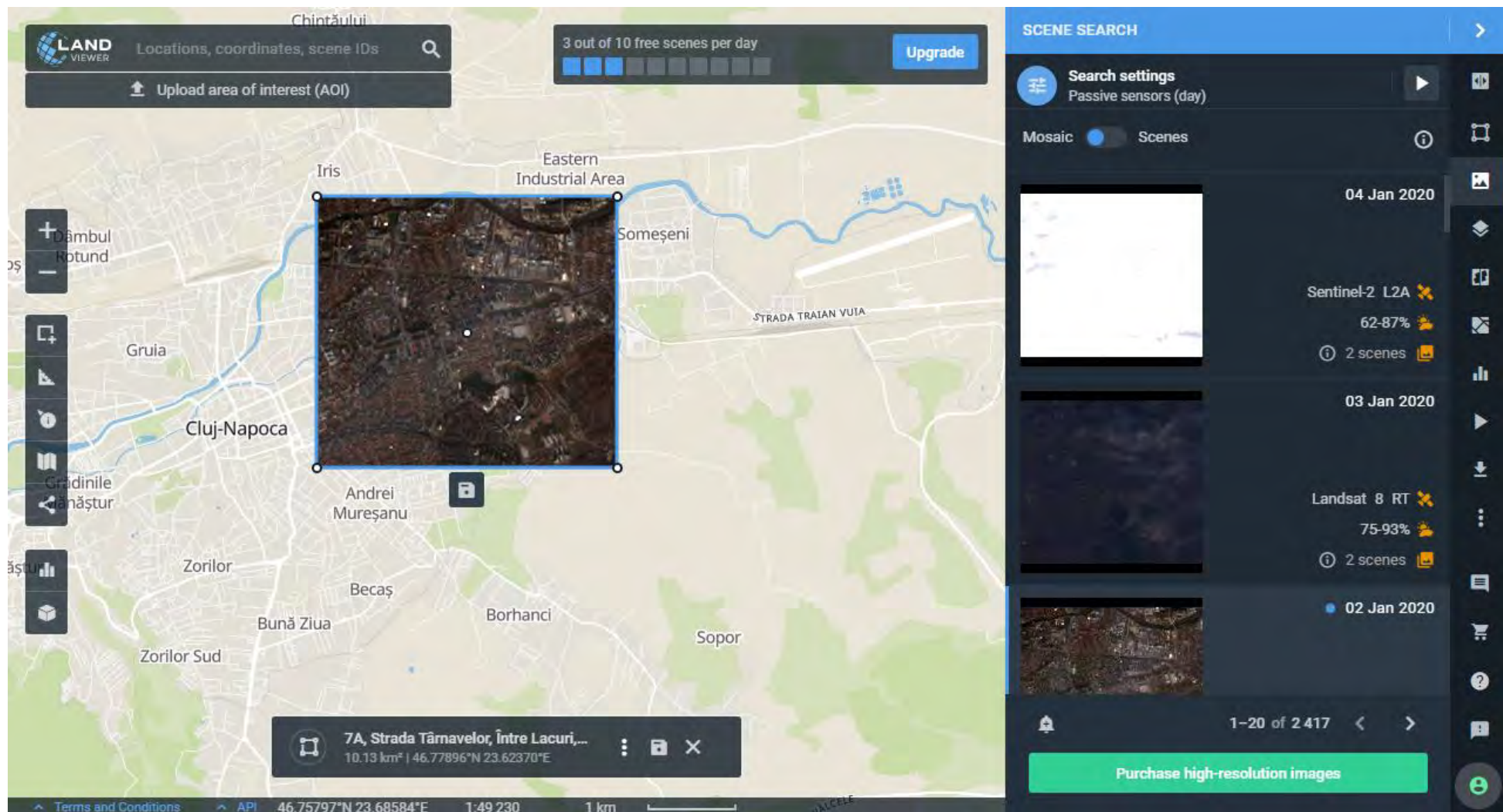


Figura 5.32. Imagine pancromatică furnizată de situl LAND VIEWER al EOS(Earth Observing System), după logare(se pot obține până la 10 imagini gratuite/zi), care permite vizualizarea unei imagini pentru o zonă aleasă, Villar de Rena, Badajoz, Spania, 39.06718°N, 5.81726°W, de la un anumit satelit, în acest caz Landsat 8, la data de 23 octombrie 2017[158]



**Figura 5.33.** Imagine furnizată de situl LAND VIEWER al EOS(Earth Observing System), o zona a Municipiului Cluj Napoca de 10,13 km<sup>2</sup>, de la satelitul Landsat 8, preluată la data de 2 ianuarie 2020[159]

#### 5.4.2. Înregistrări multispectrale și hiperspectrale[160-171]

O imagine multispectrală este cea care surprinde datele imaginii în anumite intervale de lungime de undă din spectrul electromagnetic. Lungimile de undă pot fi separate prin filtre sau detectate prin utilizarea de instrumente sensibile la anumite lungimi de undă, inclusiv lumina de la frecvențe dincolo de raza de lumină vizibilă, adică infraroșu și ultraviolet. Imagistica spectrală poate permite extragerea informațiilor suplimentare pe care ochiul uman nu reușește să le capteze cu receptorii vizibili pentru roșu, verde și albastru. Ca și multe alte invenții din domeniu, această tehnică a fost inițial dezvoltată pentru identificarea și recunoașterea țintelor militare. Platformele de imagini bazate pe spațiu au încorporat tehnologia imagistică multispectrală pentru a cartografia detaliile Pământului legate de limitele, vegetația și formele terestre. Imagistica multispectrală și-a găsit, de asemenea, utilitatea în analiza documentelor și a picturilor. Imagistica multispectrală măsoară lumina într-un număr mic (de obicei între 3 și 15) de benzi spectrale. Imagistica hiperspectrală este un caz special al imaginii spectrale în care sunt adesea disponibile sute de benzi spectrale contigue. Lungimile de undă sunt aproximative, valorile exacte depind de instrumentele particularizate pentru fiecare satelit. Analizate separat, fiecare bandă spectrală are o anumită utilitate predominantă în Teledetecție, după cum urmează:

- Albastru, cu lungimi de undă situate în intervalul 450–515..520 nm, este utilizat pentru imagistica în atmosferă și ape adânci și poate atinge adâncimi de preluare a imaginilor de până la 50 m, în apă limpede;
- Verdele, cu lungimi de undă situate în intervalul 515..520–590..600 nm, este folosit pentru imagistica vegetației și structurilor de adâncime, până la 90 m în apă limpede;
- Roșu, cu lungimi de undă situate în intervalul 600..630–680..690 nm, este utilizat pentru preluarea imaginilor obiectelor create de om, în apă de până la 9 m adâncime, sol și vegetație;
- Aproape infraroșu (Near IR-NIR), cu lungimi de undă situate în intervalul 750–900 nm, este utilizat în principal pentru imaginea vegetației;
- Infraroșu mediu (Mid-Infrared-MIR), 1550-1750 nm, este utilizat pentru imagistica vegetației, conținutul de umiditate al solului și unele incendii de pădure;
- Infraroșu îndepărtat (Far-Infrared-FIR), cu lungimi de undă situate în intervalul 2080-2350 nm este utilizat pentru imagistica solului, umidității, caracteristicilor geologice, silicaților, argilelor și analiza incendiilor și a propagării acestora;
- Infraroșu termic, cu lungimi de undă situate în intervalul 10400-12500 nm, utilizează emisii în loc de radiații reflectate de structuri geologice, diferențe termice în curenții de apă, incendii și pentru studii ale unor procese petrecute pe timp de noapte;
- Radarul, cu lungimi de undă situate în intervalul 2.7–4.0 mm-100 m și tehnologiile conexe sunt utile pentru cartografierea terenului și pentru detectarea diferitelor obiecte.

În scopuri diferite, se pot utiliza diferite combinații de benzi spectrale. Maparea benzilor în culori depinde de scopul imaginii și de preferințele personale ale analiștilor. Spre deosebire de celelalte lucrări de interpretare a imaginilor fotografice și prin satelit, imaginile multispectrale nu facilitează identificarea directă a tipului de caracteristică prin inspecție vizuală. Prin urmare, datele de teledetecție trebuie clasificate mai întâi, urmate de prelucrarea prin diferite tehnici de îmbunătățire a datelor, astfel încât să ajute utilizatorul să înțeleagă caracteristicile prezente în imagine. O astfel de clasificare este o sarcină complexă care implică validarea riguroasă a eșantioanelor de instruire în funcție de algoritmul de clasificare utilizat. Tehnicile pot fi grupate în principal în două tipuri: Tehnici de clasificare supravegheate și Tehnici de clasificare nesupravegheate.

Clasificarea supravegheată folosește probe test de instruire. Probele test de instruire sunt zone de pe teren pentru care există certitudini, adică ce caracteristici se cunosc. Semnăturile spectrale ale zonelor de test de antrenament sunt folosite pentru a căuta semnături similare în pixelii rămași ai imaginii putând fi clasificați în consecință. Calificarea și experiența experților este foarte importantă în această metodă, deoarece selecția eşantioanelor de instruire necorespunzătoare-neelocventă poate afecta grav acuratețea clasificării. Tehnicile cele mai utilizate includ principiul „Probabilitatea maximă” și rețeaua neuronală. Principiul de maximă de probabilitate calculează probabilitatea unui pixel de a aparține unei clase (adică unei caracteristici) și alocă pixelului clasa de caracteristici cea mai probabilă.

În cazul clasificării nesupravegheate, nu sunt necesare cunoștințe prelabile pentru clasificarea caracteristicilor imaginii. Se observă gruparea sau gruparea naturală a valorilor pixelilor, adică nivelurile de gri ale pixelilor. Apoi, un prag este definit pentru adoptarea numărului de clase din imagine. Cu cât valoarea pragului este mai fină, cu atât vor fi mai multe clase. Cu toate acestea, dincolo de o anumită limită, aceeași clasă va fi reprezentată în clase diferite, în sensul că variația din clasă este reprezentată. După formarea grupelor de clase, validarea adevărului de bază se face pentru a identifica clasa din care face parte pixelul de imagine. Astfel, în această clasificare nesupravegheată, informațiile apriori despre clase nu sunt necesare.

Principala diferență între imagini multispectrale și hiperspectrale este numărul de benzi de undă care sunt imaginate și cât de înguste sunt benzile. Imaginile multispectrale se referă, în general, la 3 până la 10 benzi „mai largi” iar imaginile hiperspectrale constau din benzi mult mai înguste (10-20 nm) dar pot avea sute de mii de benzi. Un exemplu de senzor multispectral este satelitul Landsat-8. Landsat-8 produce 11 imagini cu următoarele benzi:

- Band 1: Coastal aerosol (0.43-0.45  $\mu\text{m}$ );
- Band 2: Blue (0.45-0.51  $\mu\text{m}$ );
- Band 3: Green (0.53-0.59  $\mu\text{m}$ );
- Band 4: Red (0.64-0.67  $\mu\text{m}$ );
- Band 5: Near infrared NIR (0.85-0.88  $\mu\text{m}$ );
- Band 6: Short-wave Infrared SWIR 1 (1.57-1.65  $\mu\text{m}$ );
- Band 7: Short-wave Infrared SWIR 2 (2.11-2.29  $\mu\text{m}$ );
- Band 8: Panchromatic (0.50-0.68  $\mu\text{m}$ );
- Band 9: Cirrus (1.36-1.38  $\mu\text{m}$ );
- Band 10: Thermal Infrared TIRS 1 (10.60-11.19  $\mu\text{m}$ );
- Band 11: Thermal Infrared TIRS 2 (11.50-12.51  $\mu\text{m}$ ).

Fiecare bandă are o rezoluție spațială de 30 de metri cu excepția benzilor 8, 10 și 11. Banda 8 are o rezoluție spațială de 15 metri. Benzile 10 și 11 au rezoluții spațiale de 100 de metri.

Spectrometrul de imagine vizibil / infraroșu (AVIRIS) al NASA este un exemplu de furnizor de imagini hiperspectrale. AVIRIS furnizează 224 de canale contigue cu lungimi de undă de la 0,4-2,5  $\mu\text{m}$ . Având un nivel mai înalt de detaliu spectral, imaginile hiperspectrale oferă o capacitate mai bună de a vedea ceea ce nu este în mod curent observabil. De exemplu, teledetecția hiperspectrală a putut distinge între 3 minerale datorită rezoluției sale spectrale ridicate, în timp ce Multispectralul Landsat Thematics Mapper nu a putut face distincția între cele 3 minerale. Totuși imagistica hiperspectrală adaugă și un nivel de complexitate, de exemplu 200, sau mai mult, de benzi înguste pot fi dificil de prelucrat.



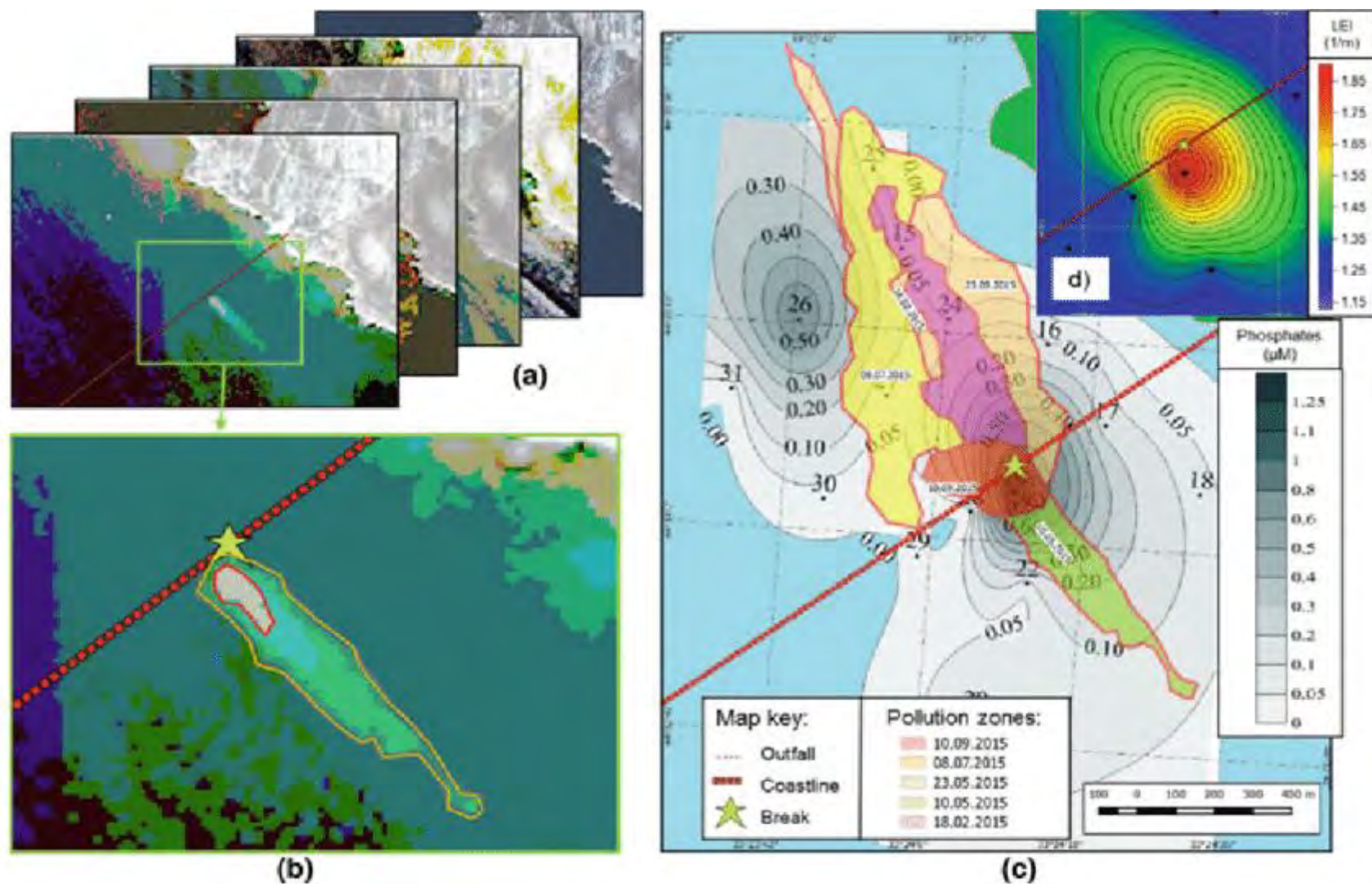
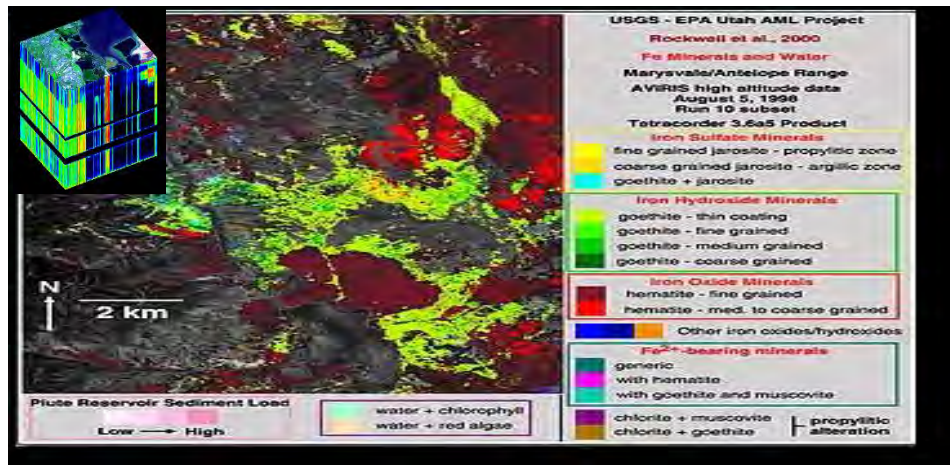


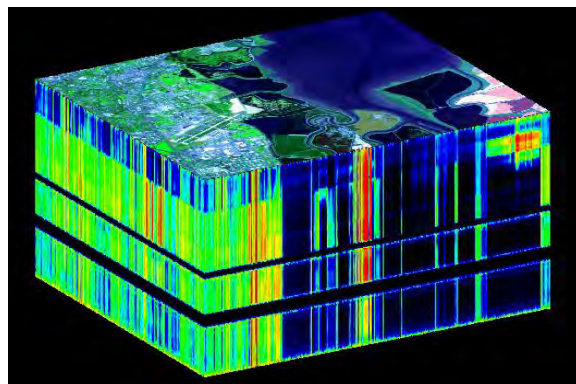
Figura 5.34. Exemplu de procesare a imaginilor multispectrale prin satelit (18 februarie, 10 și 25 mai, 8 iulie și 10 septembrie 2015, sateliți GEOEYE-1 și WorldView-2,3) pentru zona de apă de pe coasta de lângă Sevastopol, (a, b). Harta cu zone suprapuse de impact antropic datorate deteriorării colectoarelor, creată pe baza datelor hidrochimice (c) și hidro-optice (d) a poluării maritime



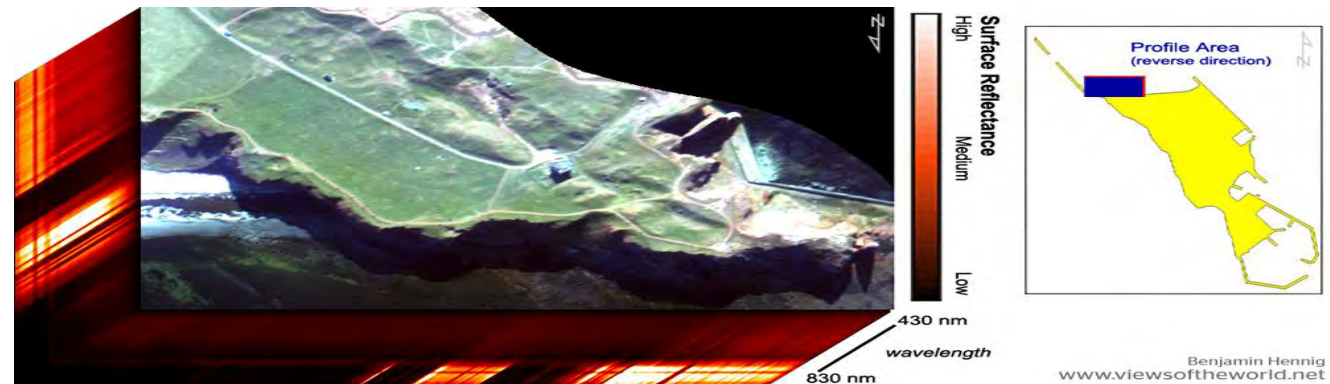
a.

| Site Name     | Features                 | Reflectance  | Radiance  |
|---------------|--------------------------|--|---|
| Moffett Field | vegetation, urban, water | N/A  | download AVIRIS f080611t01p00r07 data set (505,365 KB)  |
| Cuprite       | geological features      | download AVIRIS f970619t01p02r02 data set (604,730 KB) | download AVIRIS f080611t01p00r06 data set (1.1 GB)      |
| Lunar Lake    | calibration              | N/A  | download AVIRIS f090819t01p00r06 data set (989,696 KB)  |
| Low Altitude  | high spatial resolution  | N/A  | download AVIRIS f960705t01p02r02 data set (292,310 KBB) |

b.

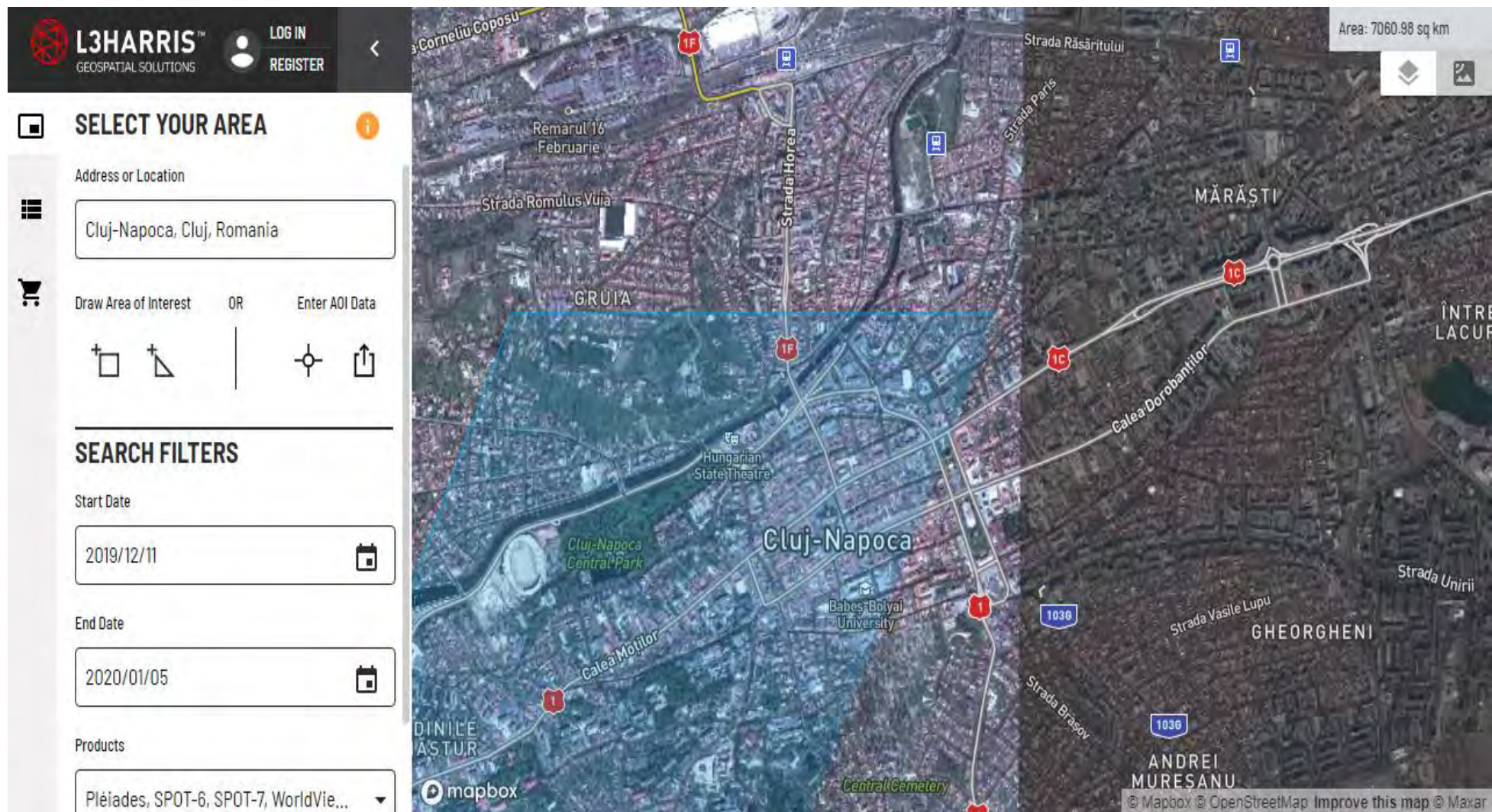


c.



d.

Figura 5.35. a. Imagine cu un exemplu de cercetare realizată de United States Geological Survey, folosind datele AVIRIS. Imaginea este o hartă minerală privind concentrația de minerale de fier (regiunea spectrală de 0,35 până la 1,35 micrometri) din gama Antelope derivată din analiza Tetracorder a datelor AVIRIS (Antelope Range derived from Tetracorder analysis of AVIRIS data) [168], b. Lista produselor standard de date AVIRIS, catalogul imaginilor hyperspectrale [169], c. "Cubul de imagine" care arată volumul de date (imagini hyperspectrale) achiziționate de AVIRIS la data de 20 august 1992, zona Moffett Field, California, SUA [170], d. Cub de imagine 3D (imagini hyperspectrale) de-a lungul unei zone de studiu de pe insulele Helgoland și Sylt, Germania, pentru sondajul aerian, a fost utilizat ROSIS (Reflective Optics System Imaging Spectrometer), un senzor aerian dezvoltat de German Aerospace Center [171]



**Figura 5.36. Exemplu de posibilitate de descărcare de imagini pancromatice, multi și hiperspectrale de pe situl L3HARRIS Geospatial solutions, Municipiul Cluj Napoca cu posibilitate de alegere satelit, locație, data preluării imaginii, etc. [167]**  
**5.4.4. Fuziunea datelor din imagini/date/informații hiperspectrale, multispectrale și pancromatice[172-175]**

Analiza datelor pancromatice, multispectrale și hiperspectrale joacă un rol important în Teledetecție. Există întotdeauna o compensare inginerescă între rezoluții spațiale și spectrale în proiectarea senzorului optic. De exemplu, misiunea hiperspectrală și multispectrală numită HISUI (Hyperspectral Imager Suite - suita de imagini hiperspectrale) reprezintă radiometrele spațiale japoneze de generație viitoare. Performanța radiometrului hiperspectral va fi de 30 m distanță de eșantionare la sol (GSD), 30 km lățime de swath și 186 de canale spectrale de 400-2500 nm. Performanța radiometrului multispectral este de 5 m GSD, 90 km lățime de swath și 4 canale spectrale de 450-900 nm. HISUI va fi lansat de pe satelitul 3 (ALOS-3) al agenției de explorare aero-spațială din Japonia (JAXA) din FY2014. ALOS-3 include, de asemenea, senzorul pancromatic de rezoluție înaltă (aproximativ 1 m GDS) și de lățime largă (50 km) cu vedere stereo.

Pentru a compensa disponibilitatea limitată de energie, senzorii multi-spectrali (care creează imagini roșii, verzi, albastre, sau NIR) vor preleva, de obicei, o cantitate mai mare de date spațiale, pentru a obține cantitatea necesară de energie necesară pentru „umplerea” detectorului de imagistică. Astfel, imaginile cu bandă multispectrală vor fi de regulă cu o rezoluție spațială mai grosieră decât o imagine pancromatică. Există un compromis care se face între rezoluția spectrală (adică intervalul de lungimi de undă care sunt prelevate de un detector de imagistică) și rezoluția spațială. Acesta este motivul pentru care sateliții comerciali precum Ikonos și GeoEye vor furniza în mod obișnuit trei sau mai multe benzi multispectrale cu rezoluție relativ grosieră, împreună cu o bandă pancromatică cu rezoluție spațială mai fină. Este important să existe aici un fel de compromis în care poți combina rezoluția spațială fină a unei imagini panoramice cu rezoluția spectrală înaltă a benzilor multi-spectrale. Aceasta este ceea ce este cunoscut sub numele de ascuțire pancromatică și este utilizat în mod obișnuit pentru a compensa compromisul spectral / spațial în imagini prin satelit.

Pentru a beneficia în mod optim de avantajele imaginilor multispectrale (adică, rezoluție spectrală înaltă) și a imaginilor pancromatice (adică rezoluție spațială ridicată), cele două sunt adesea combinate sau contopite pentru o interpretare îmbunătățită a imaginii vizuale și regăsirea informațiilor. Această procedură de fuziune a imaginii, care este cunoscută sub denumirea de substituție a intensității, combină trei benzi din imaginea multispectrală cu imaginea pancromatică cu rezoluție spațială mare pentru a produce o ieșire (compozit de culoare) care are proprietățile spațiale și spectrale ale ambelor tipuri de imagine. Această procedură este extrem de utilă în analiza imaginilor bazate pe obiecte, în care sunt necesare imagini cu rezoluție foarte mare pentru extragerea obiectelor de interes. În aplicațiile agricole, de exemplu, limitele cadastrale de proprietate a unei ferme sunt adesea extrase din imagini multispectrale de înaltă rezoluție, utilizând abordări de segmentare a imaginii.

Imagistica hiperspectrală, datorită furnizării de imagini cu rezoluție spectrală înaltă, este unul dintre cele mai importante instrumente ale teledetecției. Însă, din cauza restricțiilor tehnologice, senzorii hiperspectrali au o rezoluție spațială limitată. Pe de altă parte, imaginile pancromatice au o rezoluție spațială mai bună. Combinarea acestor informații poate oferi o mai bună înțelegere a caracteristicilor scenei țintă.

În concluzie fuziunea datelor din imagini/date/informații hiperspectrale, multispectrale și pancromatice crează posibilitatea de a produce date cu rezoluții spațiale cât mai mari, care contribuie la identificarea și clasificarea exactă a materialelor observate la o rezoluție spațială fină.

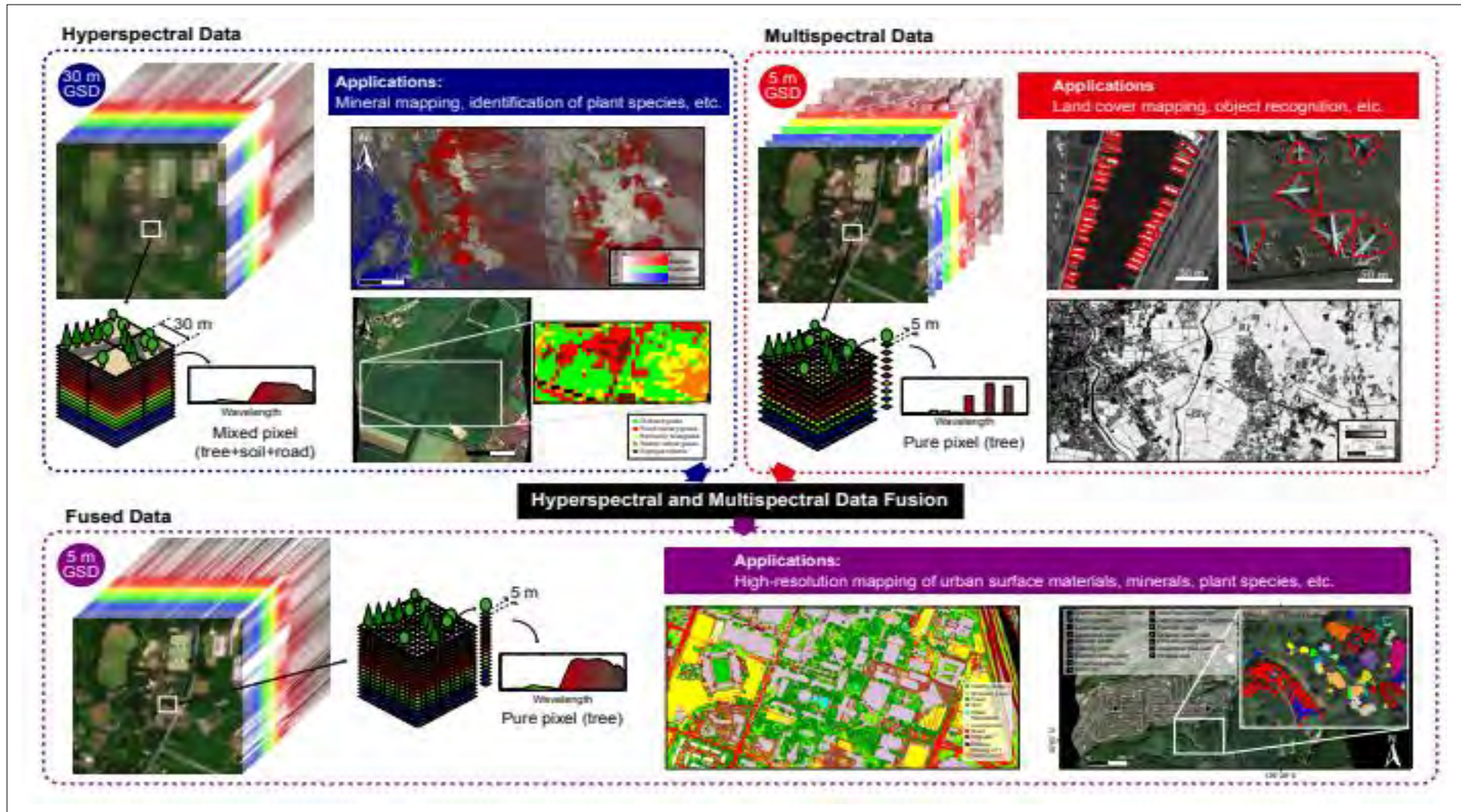


Figura 5.37. Conceptul și beneficiile fuziunii de date HS-MS. Combinarea informațiilor de rezoluție spațială înaltă și a metodelor de analiză a datelor corespunzătoare în SM datele cu informații de înaltă rezoluție spectrală și capacități de identificare și discriminare materiale corespunzătoare deschid categorii cu totul noi de aplicații care implică date cu rezoluție spectrală înaltă spațială, posibil la scară globală [173]

**Bibliografie Capitolul 5**

- [1]. The First Photo From Space, Tony Reichhardt, Air & Space Magazine, November 01, 2006
- [2]. "50 years of Earth Observation". 2007: A Space Jubilee. European Space Agency. October 3, 2007.
- [3]. "First Picture from Explorer VI Satellite". NASA.
- [4]. Radford, Benjamin (2019). "Anomaly Hunting with Satellite Images". Skeptical Inquirer. Vol. 43 no. 4. Center for Inquiry. pp. 32–33.
- [5]. Campbell, J. B. 2002. Introduction to Remote Sensing. New York London: The Guilford Press
- [6]. The Federal Writers' Project (2008), The WPA Guide to South Dakota, Minnesota Historical Society, p. 295, ISBN 0873517105.
- [7]. "Space Men: They were the first to brave the unknown - Transcript". American Experience. PBS. 1 March 2016..
- [8]. "The Red Rockets' Glare: Spaceflight and the Russian Imagination, 1857-1957", de Asif A. Siddiqi, pag. 196, 218
- [9]. «Фай-2» — 2 серия из цикла «Суперсооружения Третьего рейха» («Nazi Megastructures», National Geographic)
- [10]. 'Rază lungă' în contextul relativ al timpului. Vezi NASA history article.
- [11]. Enciclopedia Armelor: V-2 Săgeata din Peenemunderumaniamilitary.ro
- [12]. Am Anfang war die V2. Vom Beginn der Weltraumschiffahrt in Deutschland. In: Utz Thimm (Hrsg.): Warum ist es nachts dunkel? Was wir vom Weltall wirklich wissen. Kosmos, 2006, S. 158,
- [13]. <https://chaoglobal.wordpress.com/2015/03/01/nasa-15/>
- [14]. Kennedy, Gregory P. (1983). Vengeance Weapon 2: The V-2 Guided Missile. Washington, DC: Smithsonian Institution Press.
- [15]. [https://www.nasa.gov/pdf/449089main\\_White\\_Sands\\_Missile\\_Range\\_Fact\\_Sheet.pdf](https://www.nasa.gov/pdf/449089main_White_Sands_Missile_Range_Fact_Sheet.pdf)
- [16]. "50 years of Earth Observation". 2007: A Space Jubilee. European Space Agency. October 3, 2007.
- [17]. The U.S. V-2 rocket mission #12 had taken the first images of Earth from space on October 24, 1946.
- [18]. [http://nssdc.gsfc.nasa.gov/imgcat/html/mission\\_page/EM\\_Luna\\_3\\_page1.html](http://nssdc.gsfc.nasa.gov/imgcat/html/mission_page/EM_Luna_3_page1.html)
- [19]. „Apollo 17 30th Anniversary: Antarctica Zoom-out”. Scientific Visualization Studio (în engleză). NASA. 21 noiembrie 2002.
- [20]. <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/l/landsat-1-3>
- [21]. <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/l/landsat-4-5>
- [22]. <https://landsat.gsfc.nasa.gov/landsat-8/>
- [23]. <https://airandspace.si.edu/udvar-hazy-center>
- [24]. <https://earthobservatory.nasa.gov/>
- [25]. [https://earthobservatory.nasa.gov/global-maps/CERES\\_NETFLUX\\_M](https://earthobservatory.nasa.gov/global-maps/CERES_NETFLUX_M)
- [26]. <https://www.iceye.com/satellite-data>
- [27]. <https://www.nrcan.gc.ca/maps-tools-publications/satellite-imagery-air-photos/remote-sensing-tutorials/satellites-sensors/spectral-resolution/9393>
- [28]. <https://pembrokeinstruments.com/wp-content/uploads/2018/10/Spectral-resolution-and-Sensors.pdf>
- [29]. <https://www.nrcan.gc.ca/maps-tools-publications/satellite-imagery-air-photos/remote-sensing-tutorials/satellites-sensors/radiometric-resolution/9379>
- [30]. <http://www.ecognition.com/category/related-tags/geometric-resolution>

- [31]. <http://geography.middlebury.edu/data/gg1002/Presentations/Week1/SatelliteImageCharacteristics.ppt>.
- [32]. <http://www.fis.uni-bonn.de/en/recherchetools/infobox/professionals/resolution/spectral-resolution>
- [33]. [https://www.nasa.gov/vision/earth/lookingatearth/indonesia\\_quake.html](https://www.nasa.gov/vision/earth/lookingatearth/indonesia_quake.html)
- [34]. [https://arset.gsfc.nasa.gov/sites/default/files/airquality/workshops/SCAQMD/D1P3\\_Fundamentals.pdf](https://arset.gsfc.nasa.gov/sites/default/files/airquality/workshops/SCAQMD/D1P3_Fundamentals.pdf)
- [35]. <https://landsat.visibleearth.nasa.gov/>
- [36]. <https://landsat.visibleearth.nasa.gov/view.php?id=146047>
- [37]. <https://landsat.visibleearth.nasa.gov/view.php?id=146028>
- [38]. <https://landsat.visibleearth.nasa.gov/view.php?id=145984>
- [39]. <https://landsat.visibleearth.nasa.gov/view.php?id=145979>
- [40]. <https://landsat.visibleearth.nasa.gov/view.php?id=145010>
- [41]. <https://landsat.visibleearth.nasa.gov/view.php?id=144864>
- [42]. <https://modis.gsfc.nasa.gov/about/components.php>
- [43]. <https://modis.gsfc.nasa.gov/about/design.php>
- [44]. [https://modis.gsfc.nasa.gov/gallery/individual.php?db\\_date=2019-12-27](https://modis.gsfc.nasa.gov/gallery/individual.php?db_date=2019-12-27)
- [45]. [https://modis.gsfc.nasa.gov/gallery/individual.php?db\\_date=2019-12-26](https://modis.gsfc.nasa.gov/gallery/individual.php?db_date=2019-12-26)
- [46]. [https://modis.gsfc.nasa.gov/gallery/individual.php?db\\_date=2019-12-25](https://modis.gsfc.nasa.gov/gallery/individual.php?db_date=2019-12-25)
- [47]. [https://modis.gsfc.nasa.gov/gallery/individual.php?db\\_date=2019-12-24](https://modis.gsfc.nasa.gov/gallery/individual.php?db_date=2019-12-24)
- [48]. [https://modis.gsfc.nasa.gov/gallery/individual.php?db\\_date=2019-12-23](https://modis.gsfc.nasa.gov/gallery/individual.php?db_date=2019-12-23)
- [49]. <https://mcst.gsfc.nasa.gov/>
- [50]. <https://www.sentinel-hub.com/explore/sentinel-playground>
- [51]. <https://apps.sentinel-hub.com/sentinel-playground/>
- [52]. <https://asterweb.jpl.nasa.gov/mission.asp>
- [53]. <https://asterweb.jpl.nasa.gov/gallery/images/mississippimap.jpg>
- [54]. <https://asterweb.jpl.nasa.gov/gallery-detail.asp?name=mississippimap>
- [55]. <https://asterweb.jpl.nasa.gov/gallery-detail.asp?name=aceh>
- [56]. <https://asterweb.jpl.nasa.gov/gallery-detail.asp?name=addis>
- [57]. <https://asterweb.jpl.nasa.gov/gallerymap.asp>
- [58]. <https://www.eumetsat.int/website/home/Satellites/PastSatellites/index.html>
- [59]. <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/m/meteosat-first-generation>
- [60]. <https://www.eumetsat.int/website/home/Satellites/CurrentSatellites/index.html>
- [61]. [https://eumetview.eumetsat.int/static-images/latestImages/EUMETSAT\\_MSG\\_IR039Color\\_CentralEurope.jpg](https://eumetview.eumetsat.int/static-images/latestImages/EUMETSAT_MSG_IR039Color_CentralEurope.jpg)
- [62]. <https://eumetview.eumetsat.int/static-images/latestImages.html>

- [63]. [https://worldview.earthdata.nasa.gov/?v=-93.6687580338324,17.126586194860575,-60.463679908832404,35.00025715433323&t=2019-09-01-T17%3A00%3A00Z&l=Reference\\_Labels,Reference\\_Features,Coastlines,VIIRS\\_SNPP\\_CorrectedReflectance\\_TrueColor,MODIS\\_Aqua\\_CorrectedReflectance\\_TrueColor\(hidden\),MODIS\\_Terra\\_CorrectedReflectance\\_TrueColor\(hidden\)](https://worldview.earthdata.nasa.gov/?v=-93.6687580338324,17.126586194860575,-60.463679908832404,35.00025715433323&t=2019-09-01-T17%3A00%3A00Z&l=Reference_Labels,Reference_Features,Coastlines,VIIRS_SNPP_CorrectedReflectance_TrueColor,MODIS_Aqua_CorrectedReflectance_TrueColor(hidden),MODIS_Terra_CorrectedReflectance_TrueColor(hidden))
- [64]. <https://www.eumetsat.int/website/home/Satellites/FutureSatellites/index.html>
- [65]. <https://www.eumetsat.int/website/home/Satellites/FutureSatellites/MeteosatThirdGeneration/index.html>
- [66]. <https://www.eumetsat.int/website/home/Satellites/FutureSatellites/EUMETSATPolarSystemSecondGeneration/index.html>
- [67]. <https://www.eumetsat.int/website/home/Satellites/FutureSatellites/CopernicusSatellites/index.html>
- [68]. "GeoEye launches high-resolution satellite". Reuters. <https://www.reuters.com/article/us-geoeye/geoeye-launches-high-resolution-satellite-idUSN0633403420080906?sp=true>
- [69]. <https://www.satimagingcorp.com/gallery/geoeye-1/geoeye-1-samoa-pago-pago/>
- [70]. <https://www.satimagingcorp.com/gallery/geoeye-1/geoeye-1-yushu-china/>
- [71]. <https://www.satimagingcorp.com/gallery/geoeye-1/geoeye-1-satellite-image-hurricane-katrina/>
- [72]. <https://www.satimagingcorp.com/gallery/geoeye-1/geoeye-1-japan-sendai-before/>
- [73]. <https://www.satimagingcorp.com/gallery/geoeye-1/geoeye-1-japan-shinchi/>
- [74]. <https://www.satimagingcorp.com/gallery/geoeye-1/geoeye-1-fukushima-daiichi-041211/>
- [75]. <https://www.satimagingcorp.com/gallery/geoeye-1/geoeye-1-minot-north-dakota/>
- [76]. <https://www.satimagingcorp.com/gallery/geoeye-1/geoeye-1-bismarck-north-dakota/>
- [77]. <https://www.satimagingcorp.com/gallery/geoeye-1/geoeye-1-sendai-japan/>
- [78]. <https://www.satimagingcorp.com/gallery/geoeye-1/geoeye-1-colorado-wildfires/>
- [79]. <https://www.satimagingcorp.com/gallery/geoeye-1/geoeye-1-disneyland-tokyo-japan/>
- [80]. <https://www.satimagingcorp.com/gallery/geoeye-1/geoeye-1-ferrari-world-abu-dhabi/>
- [81]. <https://www.satimagingcorp.com/gallery/geoeye-1/geoeye-1-moscow-lenin-tomb/>
- [82]. <https://www.satimagingcorp.com/gallery/geoeye-1/geoeye-1-taj-mahal/>
- [83]. <https://www.satimagingcorp.com/gallery/geoeye-1/geoeye-1-mount-everest/>
- [84]. <https://www.satimagingcorp.com/gallery/geoeye-1/geoeye-1-inakadate-japan/>
- [85]. <https://www.satimagingcorp.com/gallery/geoeye-1/geoeye-1-japanese-rice-field-art/>
- [86]. <https://www.satimagingcorp.com/gallery/geoeye-1/2m-enhanced-vegetation-indices/>
- [87]. <https://www.satimagingcorp.com/gallery/geoeye-1/geoeye-1-kutztown/>
- [88]. <https://www.satimagingcorp.com/gallery/geoeye-1/geoeye-1-monrovia/>
- [89]. <https://www.satimagingcorp.com/gallery/geoeye-1/geoeye-1-leptis-magna/>
- [90]. <https://www.satimagingcorp.com/gallery/geoeye-1/geoeye-1-naples-italy/>
- [91]. <https://www.satimagingcorp.com/gallery/geoeye-1/geoeye-1-giza-pyramids/>
- [92]. <https://www.satimagingcorp.com/gallery/geoeye-1/geoeye-1-tahrir-square/>
- [93]. <https://www.satimagingcorp.com/gallery/geoeye-1/geoeye-1-vatican-city/>



- [94]. <https://www.satimagingcorp.com/gallery/geoeye-1/geoeye-1-iran-qom-nuclear-facilities/>
- [95]. <https://www.satimagingcorp.com/gallery/geoeye-1/geoeye-1-aircraft-graveyard/>
- [96]. <https://www.satimagingcorp.com/gallery/geoeye-1/geoeye-1-hoover-dam/>
- [97]. <https://www.satimagingcorp.com/gallery/geoeye-1/geoeye-1-burj-khalifa-dubai/>
- [98]. <https://www.satimagingcorp.com/gallery/geoeye-1/geoeye-1-olympic-stadium/>
- [99]. <https://www.satimagingcorp.com/gallery/geoeye-1/geoeye-1-gulf-mexico-oil-slick/>
- [100]. <https://www.satimagingcorp.com/gallery/geoeye-1/geoeye-1-yellowstone-oil-spill/>
- [101]. <https://www.satimagingcorp.com/gallery/geoeye-1/geoeye-1-antarctic-peninsula/>
- [102]. <https://www.satimagingcorp.com/gallery/geoeye-1/geoeye-1-rothera-research-station-antarctic-peninsula/>
- [103]. <https://www.satimagingcorp.com/gallery/geoeye-1/geoeye-1-satellite-image-wildebeest-migration-kenya/>
- [104]. <https://www.satimagingcorp.com/gallery/geoeye-1/geoeye-1-mining-marcona-peru/>
- [105]. <https://discover.digitalglobe.com/>
- [106]. <http://www.ball.com/aerospace/programs/worldview-1>
- [107]. <http://worldview3.digitalglobe.com/>
- [108]. <http://www.digitalglobe.com/products/satellite-imagery>
- [109]. <http://www.digitalglobe.com/products/satellite-imagery>
- [110]. <https://discover.digitalglobe.com/>
- [111]. <https://web.archive.org/web/20080807162515/http://www.spotimage.com/>
- [112]. <https://www.satimagingcorp.com/satellite-sensors/other-satellite-sensors/spot-5/>
- [113]. <https://www.satimagingcorp.com/gallery/more-imagery/spot-5/spot-5-ajka-hungary-before/>
- [114]. <https://www.satimagingcorp.com/gallery/more-imagery/spot-5/spot5-sanfrancisco/>
- [115]. <https://www.satimagingcorp.com/gallery/more-imagery/spot-5/spot5-bindia-lg/>
- [116]. <https://www.satimagingcorp.com/gallery/more-imagery/spot-5/spot5-tripoli-libya-lg/>
- [117]. <https://www.satimagingcorp.com/gallery/more-imagery/spot-5/spot5-texas-oilfield/>
- [118]. <https://www.satimagingcorp.com/satellite-sensors/spot-6/>
- [119]. <https://www.satimagingcorp.com/satellite-sensors/spot-7/>
- [120]. <https://www.satimagingcorp.com/gallery/spot-6/spot-6-doha-qatar/>
- [121]. <https://www.satimagingcorp.com/gallery/spot-6/spot-6-dead-sea/>
- [122]. <https://www.satimagingcorp.com/gallery/spot-6/spot-6-bora-bora/>
- [123]. <https://www.satimagingcorp.com/gallery/spot-6/spot-6-gibraltar/>
- [124]. <https://www.satimagingcorp.com/gallery/spot-6/spot-6-semarang-indonesia/>
- [125]. <https://www.satimagingcorp.com/gallery/spot-7/spot-7-satellite-image-fiji/>
- [126]. <https://www.satimagingcorp.com/gallery/spot-7/spot-7-satellite-image-kilimanjaro/>
- [127]. <https://www.satimagingcorp.com/gallery/spot-7/spot-7-satellite-image-sydney-australia/>

- [128]. <https://www.satimagingcorp.com/gallery/spot-7/spot-7-satellite-image-reunion-island/>
- [129]. <https://www.satimagingcorp.com/gallery/spot-7/spot-7-satellite-image-port-isabel-texas/>
- [130]. [http://www.rapideye.net/upload/Press\\_Releases/2008/PR\\_Announcement\\_SuccessfulLaunch\\_EN\\_29.08.2008.pdf](http://www.rapideye.net/upload/Press_Releases/2008/PR_Announcement_SuccessfulLaunch_EN_29.08.2008.pdf)
- [131]. <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/r/rapideye>
- [132]. <https://content.satimagingcorp.com/static/galleryimages/rapideye-burghausen-germany.jpg>
- [133]. <https://content.satimagingcorp.com/static/galleryimages/rapideye%20oahu%20hawaii.jpg>
- [134]. <https://content.satimagingcorp.com/static/galleryimages/satellite-image-agriculture-mapping.jpg>
- [135]. <https://www.satimagingcorp.com/gallery/rapideye/rapideye-bahia-brazil/>
- [136]. <https://www.satimagingcorp.com/gallery/rapideye/agriculture-mapping-pivot/>
- [137]. [https://space.skyrocket.de/doc\\_sdat/eros-a.htm](https://space.skyrocket.de/doc_sdat/eros-a.htm)
- [138]. [https://space.skyrocket.de/doc\\_sdat/eros-b.htm](https://space.skyrocket.de/doc_sdat/eros-b.htm)
- [139]. "Israel's ImageSat Sheds Some Legal Baggage"
- [140]. [https://space.skyrocket.de/doc\\_sdat/eros-c.htm](https://space.skyrocket.de/doc_sdat/eros-c.htm)
- [141]. Krebs, Gunter. "EROS-A 1, 2". Gunter's Space Page.
- [142]. McDowell, Jonathan. "Launch Log". Jonathan's Space Page..
- [143]. Peat, Chris (21 November 2013). "EROS A1 - Orbit". Heavens Above..
- [144]. "Serbia Settlement IAI Bond Purchase Boost Fortunes of Israel's ImageSat". SpaceNews.
- [145]. "EROS-A (Earth Remote Observation System-A)". EOPortal.
- [146]. "EROS A". Apollo Mapping.
- [147]. A, Klein. "Flight Operations Engineering for the Earth Resource Spacecraft Eros-A".
- [148]. Levin, N., Johansen, K., Hacker, J.M., Phinn, S. (2014) A new source for high spatial resolution night time images - the EROS-B commercial satellite. Remote Sensing of Environment, 149, 1-12. doi: 10.1016/j.rse.2014.03.019
- [149]. Katz, Y., Levin, N. (2016) Quantifying urban light pollution - a comparison between field measurements and EROS-B imagery. Remote Sensing of Environment, 177, 65-77. <https://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2016.02.017> [150].
- [151]. <https://www.imagesatintl.com/high-resolution-satellite-imagery/>
- [152]. "GaoJing / SuperView - Satellite Missions - eoPortal Directory". [directory.eoportal.org](https://directory.eoportal.org).
- [153]. "GaoJing-1 01, 02, 03, 04 (SuperView 1)". [space.skyrocket.de](https://space.skyrocket.de).
- [154]. <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/content/-/article/gaojing>
- [155]. <http://www.spacewillinfo.com/SuperView-1English/index.html#pos04>
- [156]. <https://eos.com/panchromatic/>
- [157]. [https://eos.com/landviewer/?lat=39.07118&lng=-5.79512&z=13&s=Landsat8&id=LC08\\_L1TP\\_202033\\_20171023\\_20171107\\_01\\_T1&b=Panchrom&anti=&pansharpening=](https://eos.com/landviewer/?lat=39.07118&lng=-5.79512&z=13&s=Landsat8&id=LC08_L1TP_202033_20171023_20171107_01_T1&b=Panchrom&anti=&pansharpening=)
- [158]. [https://eos.com/landviewer/?lat=39.07118&lng=-5.79512&z=13&s=Landsat8&preset=highResolutionTmsSensors&id=LC08\\_L1TP\\_202033\\_20171023\\_20171107\\_01\\_T1&b=Panchrom&anti=0&pansharpening=0](https://eos.com/landviewer/?lat=39.07118&lng=-5.79512&z=13&s=Landsat8&preset=highResolutionTmsSensors&id=LC08_L1TP_202033_20171023_20171107_01_T1&b=Panchrom&anti=0&pansharpening=0)

- [159]. <https://eos.com/landviewer/?lat=46.77097&lng=23.66498&z=13&s=Landsat8&id=1f38921c&b=Red,Green,Blue&anti&query=%7B%22satellites%22:%5B%22sentinel2%22%5D,%22date%22:%222020-01-02%22,%22cloudCoverage%22:%7B%22from%22:0,%22to%22:100%7D,%22sunElevation%22:%7B%22from%22:0,%22to%22:90%7D,%22shapeRelation%22:%22INTERSECTS%22,%22processedL2A%22:true,%22mosaic%22:true,%22dayOrNight%22:%22day%22,%22bbox%22:%5B23.601723,46.765383,23.645668,46.792538%5D%7D>
- [160]. R.A. Schowengerdt. Remote sensing: Models and methods for image processing, Academic Press, 3rd ed., (2007)
- [161]. "13. Multispectral Image Processing | The Nature of Geographic Information". [www.e-education.psu.edu](http://www.e-education.psu.edu).
- [162]. Hagen, Nathan; Kudenov, Michael W. "Review of snapshot spectral imaging technologies". Spie. Digital Library. Optical Engineering.
- [163]. Goldberg, A.; Stann, B.; Gupta, N. (July 2003). "Multispectral, Hyperspectral, and Three-Dimensional Imaging Research at the U.S. Army Research Laboratory" (PDF). Proceedings of the International Conference on International Fusion [6th]. 1: 499–506.
- [164]. [http://www.blackroc.com/multispectral-hyperspectral/?doing\\_wp\\_cron=1578233172.5918459892272949218750](http://www.blackroc.com/multispectral-hyperspectral/?doing_wp_cron=1578233172.5918459892272949218750)
- [165]. [https://www.researchgate.net/figure/Satellite-optical-multispectral-imagery-processing-examples-18-February-10-and-25-May\\_fig4\\_321539420](https://www.researchgate.net/figure/Satellite-optical-multispectral-imagery-processing-examples-18-February-10-and-25-May_fig4_321539420)
- [166]. <https://www.harrisgeospatial.com/Learn/Case-Studies/Case-Studies-Detail/ArtMID/10204/ArticleID/23643/Hyperspectral-Imaging-%E2%80%93-Seeing-is-Believing>
- [167]. [https://intelliearth.harrisgeospatial.com/?\\_ga=2.184241573.2065559093.1578235857-60083377.1578235857](https://intelliearth.harrisgeospatial.com/?_ga=2.184241573.2065559093.1578235857-60083377.1578235857)
- [168]. <https://aviris.jpl.nasa.gov/data/index.html>
- [169]. [https://aviris.jpl.nasa.gov/data/free\\_data.html](https://aviris.jpl.nasa.gov/data/free_data.html)
- [170]. [https://aviris.jpl.nasa.gov/data/image\\_cube.html](https://aviris.jpl.nasa.gov/data/image_cube.html)
- [171]. [http://www.viewsoftheworld.net/wp-content/uploads/2015/02/da\\_3dcube.jpg](http://www.viewsoftheworld.net/wp-content/uploads/2015/02/da_3dcube.jpg)
- [172]. <https://ieeexplore.ieee.org/document/6080924>
- [173]. <https://naotoyokoya.com/assets/pdf/NYokoyaGRSM2017.pdf>

## 6. Corecții atmosferice, radiometrice, geometrice. Prelucrări digitale ale imaginilor satelitare

Imaginile de teledetecție preluate din satelit, nu pot fi utilizate așa cum sunt transmise, fiind necesare o serie de forme de procesare care trebuie efectuate înainte ca imaginile de observare a Pământului să poată fi utilizate cantitativ pentru a defini, caracteriza și cartografia mediul terestru al Pământului. [1]

### 6.1. Corecțiile atmosferice

Radiația emisă sau transmisă de suprafața terestră, în drumul său spre satelit, unde este înregistrată de senzorii acestuia, circulă prin atmosfera terestră fiind atenuată și distorsionată prin așa numitul efect de împrăștiere atmosferică[1]. În continuare, pentru a putea fi utilizate datele transmise de satelit, este necesară îndepărtarea acestor efecte prin aplicarea corecției atmosferice. Scopul corecției atmosferice este deci obținerea unei bune estimări a situației reale din teren, din datele transmise de senzorii de teledetecție ai sateliților[1-4]. Stabilirea și aplicarea corecției atmosferice poate fi realizată în două moduri: prin stabilirea efectelor reflectării atmosferice din modelele de mediu curent utilizate în fizică; sau folosind reflectanța ca bază a detectării schimbărilor produse asupra semnalelor în timp. Abordările utilizate în mod obișnuit în teledetecție pentru stabilirea și aplicarea corecției atmosferice sunt[1]:

1. Modelarea fizică complexă(Complex physical modelling), care poate fi realizată folosind pachete software specializate.
2. Modelarea semi-empirică(Semi-empirical modelling), realizată de asemenea cu ajutorul unor pachete software specializate.
3. Abordări de estimare empirică(Empirical estimation approaches - based on image data relationships).

#### 1. Modelarea fizică complexă

Modelarea fizică se bazează pe înțelegerea teoriei transferului de radiații atmosferice și a împrăștierii atmosferice, necesitând estimări detaliate ale stării atmosferice, adică grosimea optică(optical depth or optical thickness) și împrăștierea atmosferică(atmospheric scattering)[1-5]..

În fizică, adâncimea optică sau grosimea optică(optical depth or optical thickness), reprezintă logaritmul natural al raportului dintre incident și puterea radiantă transmisă printr-un material. Adâncimea sau grosimea optică nu are dimensiuni, nu este o lungime, deși este o funcție în creștere monotonă a lungimii căii optice și se apropie de zero pe măsură ce lungimea căii se apropie de zero[6].

Pe lângă faptul că sunt transmise, dar în același timp absorbite, radiațiile electromagnetice pot fi împrăștiate și de particulele din atmosferă. Împrăștierea atmosferică(atmospheric scattering) reprezintă redirecționarea energiei electromagnetice de către particulele suspendate din atmosferă. Tipul și cantitatea de împrăștiere care are loc depinde de mărimea particulelor și de lungimea de undă a energiei[7].

Modelele prelucrate și rezultate sunt intensive ca volume al datelor, necesitând date de camp colectate și validate. Colectarea de date poate fi realizată folosind un fotometru de urmărire solară automată(automatic sun tracking photometer)(Figura 6.1.a.) care măsoară grosimea optică(optical depth or optical thickness) și împrăștierea atmosferică(atmospheric scattering). Validarea poate fi realizată prin colectarea la sol a reflectanței (ground-based collection of reflectance), folosind un spectrometru (Figura 6.1.b.).



a.

b.

**Figura 6.1. a. CE 318 automatic sun tracking photometer[1,8,9], b. Spectrometru utilizat pentru stabilirea gradului de reflectanță a solului[1]**

## 2. Modelarea semi-empirică

Această abordare folosește aceleași modele complexe, dar pentru un set redus semnificativ de parametri de intrare. În cel mai simplu caz, corectarea poate fi bazată pe o estimare a vizibilității atmosferice și a constantelor atmosferice standard pentru latitudine / longitudine / dată. Cu toate acestea, se pot obține rezultate destul de diferite pentru estimări diferite, de exemplu pentru vizibilitatea atmosferică.

## 3. Abordări de estimare empirică

Abordările de estimare empirică folosesc doar datele furnizate de imagini pentru a elimina efectele atmosferice. Ele corectează doar strălucirea căii atmosferice, care este radiația percepută după efectul împrăștierei atmosferice. În plus, astfel de abordări, pun în evidență doar împrăștierea atmosferică Rayleigh.

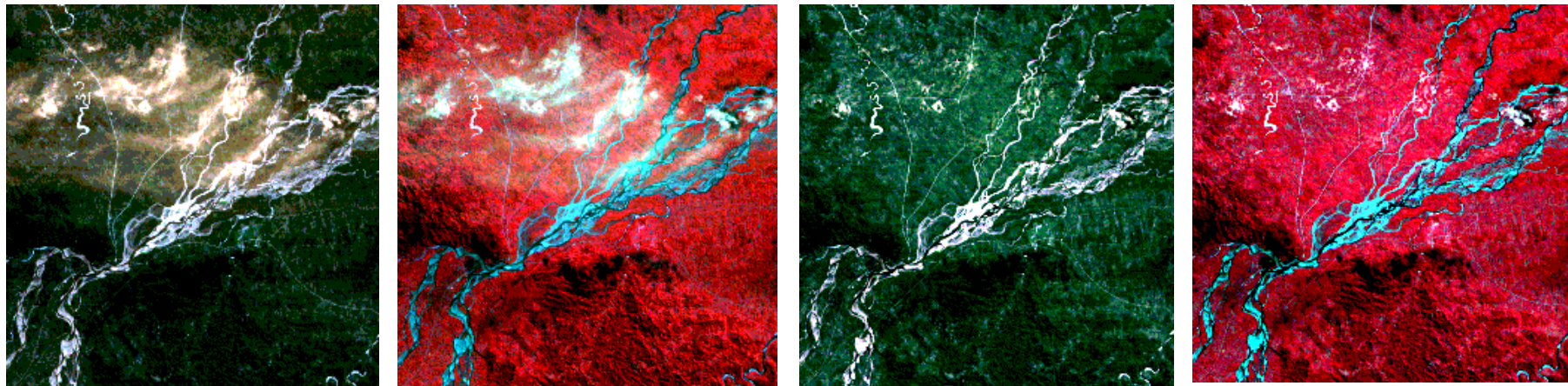
Modelele de transfer radiativ (LOWTRAN, MODTRAN) sunt de asemenea disponibile pentru a corecta imaginea.

Obiectivul corecției atmosferice este deci de a prelua reflectanța suprafeței (care caracterizează proprietățile suprafeței) din imaginile detectate de la distanță prin eliminarea efectelor atmosferice. S-a demonstrat că corecția atmosferică îmbunătățește semnificativ precizia clasificării imaginii.

Această problemă a primit o atenție considerabilă din partea cercetătorilor de teledetecție care au conceput o serie de abordări ale soluției. Abordările sofisticate sunt exigente din punct de vedere computerizat și au fost validate doar la scară foarte mică. Algoritmii de corecție atmosferică constau practic din doi pași majori. În primul rând, caracteristicile optice ale atmosferei sunt estimate fie prin utilizarea unor caracteristici speciale ale suprafeței solului, fie prin măsurători directe ale elementelor constitutive atmosferice sau prin utilizarea de modele teoretice. Diverse cantități legate de corecția atmosferică pot fi apoi calculate prin algoritmi de transfer radiativ având în vedere proprietățile optice atmosferice. În al doilea rând, imaginile detectate de la distanță pot fi corectate prin proceduri de inversare care derivă reflectanța suprafeței.

La Universitatea din Maryland, SUA, Institutul pentru Cercetări Informaționale Avansate (University of Maryland Institute for Advanced Computer Studies - UMIACS) s-a dezvoltat un algoritm eficient pentru a estima caracteristicile optice ale imaginilor Thematic Mapper (TM) și pentru a elimina efectele atmosferice din aceasta. Algoritmul creat este conceput pe baza abordării tabelului de căutare și necesită mai puțin de 60 de minute pentru a

corecta imaginea TM standard cu 50 M pixeli pe bandă (300 M pixeli în total) pe o stație de lucru IBM RS6000. În Figura 6.2. sunt prezentate o serie de imagini satelitare înainte(a.) și după corectarea atmosferică(b.).



a.

b.

**Figura 6.2. Imagini de teledeteție înainte(a.) și după aplicarea corecției atmosferice(b.)**

Cele mai importante exemple de tehnici de corecție atmosferică pentru imagini cu teledeteție multispectrală, ordonate cronologic, sunt prezentate în Tabelul 6.1. arătând practic dezvoltarea istorică a acestora.

Astfel, eliminarea efectelor atmosferei a devenit un pas cheie pentru îmbunătățirea calităților imaginilor și pentru a prelua reflectivitatea reală a caracteristicilor suprafeței în scopul stabilirii cu exactitate. O altă abordare de corecție atmosferică, denumită ACVSS (Atmospheric Correction based Vector Space of Spectrum), a fost propusă la Colegiul de Științe Urbane și de Mediu al Universității din Changchun, China(College of Urban and Environmental Sciences, Northeast Normal University, Changchun, China) pe baza spațiului vectorial al spectrului caracteristicilor. Imaginea de reflectare a fiecărei benzi este preluată, în acest caz, mai întâi în funcție de ecuația de transfer radiativ, apoi spațiul vectorial al spectrului este construit folosind benzile infraroșii, iar în final erorile reziduale ale imaginilor reflectanței din benzile vizibile sunt corectate pe baza poziției pixelilor din spațiul vectorial al spectrului. Metodologia propusă este verificată prin corecția atmosferică pe imagini Landsat-7 ETM +. Rezultatele experimentale arată că această metoda este mai precisă, iar imaginea corectată este mai distinctă, comparativ cu cele oferite de software-urile de corecție atmosferică actuale[24].

## **6.2. Corecții radiometrice**

Imaginile de Teledeteție cuprind o serie de benzi spectrale, ale căror pixeli au un număr digital (DN), acesta fiind o reprezentare transformată liniar a radianței at-senzorului pentru o zonă discretă rezolvată a suprafeței Pământului.

**Tabelul 6.1. Metode utilizate, de-a lungul timpului pentru corectarea atmosferică a imaginilor de teledeteție[12-23]**

| Senzor                      | Abordare-Metoda  |
|-----------------------------|--|
| MSS                         | Band-to-band regression  |
| MSS                         | All-band spectral covariance   |
| Airborne MSS                | Band-to-band regression  |
| AVHRR                       | Iterative estimation   |
| MSS, TM                     | DOS with exponential scattering model  |
| TM                          | DOS with exponential scattering model, downwelling atmospheric radiance measurements |
| TM                          | Pixel-by-pixel tasseled cap haze parameter   |
| AVHRR                       | DOS, NDVI, AVHRR band 3  |
| Airborne TMS,<br>Landsat TM | Ground and airborne solar measurements, atmospheric modeling code                    |
| TM                          | Comparison of ten DOS and atmospheric modeling code variations with field data       |
| TM                          | Dark target, modeling code   |
| TM (all bands)              | Atmospheric modeling code, region histogram matching                                 |
| TM                          | DOS with estimated atmospheric transmittance   |
| TM                          | Dark target, atmospheric modeling code   |
| TM, ETM+                    | Empirical line method, single target, ground measurements                            |
| TM                          | Water reservoirs, comparison of 7 methods for 12 dates                               |
| AVHRR                       | 2-band PCT used to separate aerosol components                                       |

Cu toate acestea, unele studii și operațiuni de pre-procesare au nevoie de radianța originală pornită de la sensor[25]. Corecția radiometrică se face pentru a reduce sau corecta erorile din numărul digital de imagini. Procesul îmbunătățește interpretabilitatea și calitatea datelor sesizate de la distanță. Calibrarea și corectarea radiometrică sunt deosebit de importante atunci când se compară seturi de date pe mai multe perioade de timp. Energia înregistrată de senzorii de la bordul aeronavelor sau sateliților poate diferi de energia reală emisă sau reflectată de la o suprafață de pe sol. Acest lucru se datorează azimutului și creșterii și condițiilor atmosferice ale soarelui care pot influența energia observată. Prin urmare, pentru a obține iradierea sau reflectanța reală a solului, trebuie corectate erorile radiometrice[26]. Este posibil să se transforme radianța at-senzor în reflectarea spectrală aparentă a senzorului, necesară înainte de corectarea atmosferică. Reflectanța at-senzorului implică luarea în considerare a modificărilor temporale ale iluminării solare datorită geometriei Pământ-Soare care se schimbă sezonier(Figura 6.3.). Radianța detectată de senzor include radiația reflectată de pe suprafața Pământului, precum și radiațiile care sunt împrăștiate în atmosferă. Această împrăștiere (Rayleigh scattering) este mai pronunțată la lungimi de undă mai scurte[26]. În acest context, valoarea înregistrată pentru un pixel dat include nu numai radiațiile reflectate sau emise de la suprafață, ci și radiațiile împrăștiate și emise de atmosferă. În majoritatea cazurilor utilizatorii imaginilor de Teledeteție sunt interesați de valorile reale ale radiației emise de suprafață. Pentru a atinge aceste valori trebuie aplicată calibrarea și corectarea radiometrică, întregul proces fiind prezentat în Figura 6.5.

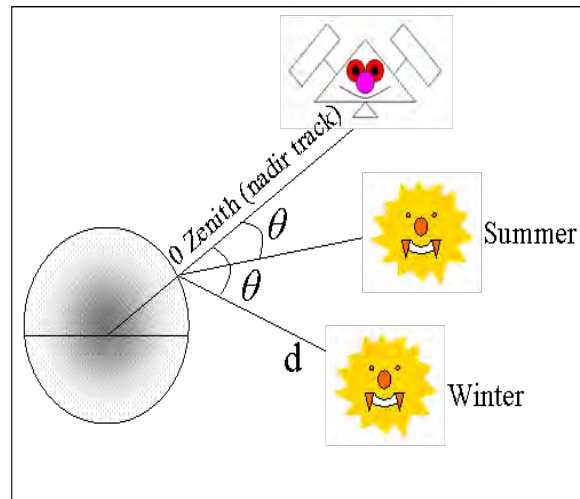


Figura 6.3. Modificarea temporală ale iluminării solare datorită geometriei Pământ-Soare care se schimbă sezonier[25]

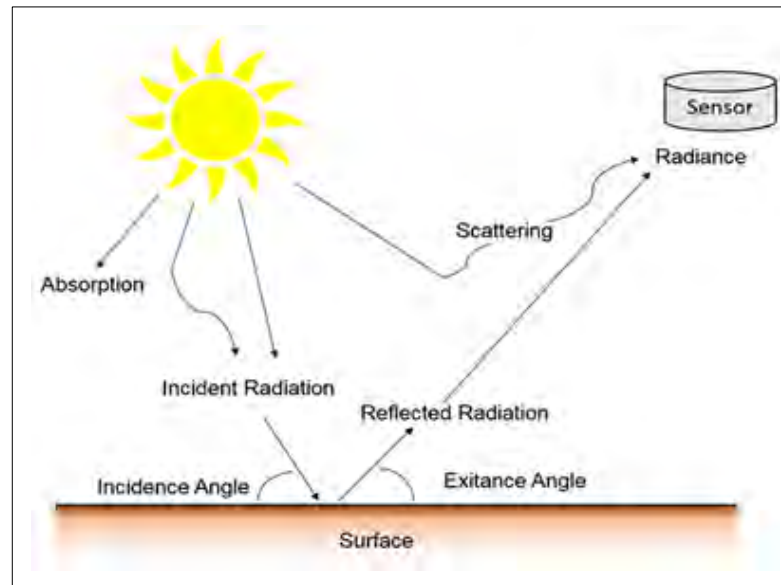


Figura 6.4. Suprapunerea influenței atmosferei asupra semnalelor de radianță reflectată de suprafața Pământului[26]



### 6.2.1. Calibrare și corectarea radiometrică

Așa cum am mai precizat, un senzor înregistrează intensitatea radiației electromagnetice pentru fiecare pixel ca număr digital (DN). Aceste numere digitale pot fi transformate în unități din lumea reală mai semnificative, cum ar fi temperatura de lumină, reflectanță sau luminozitate. Informațiile specifice ale senzorului sunt necesare pentru a realiza această calibrare. În cazul datelor Landsat, fișierul de metadata conține aceste informații. Majoritatea pachetelor software de procesare a imaginilor au instrumente de calibrare radiometrică. În ENVI, unele date Landsat pot fi transformate direct în reflectanță, fiind nevoie să calculeze mai întâi radianța (Relația 6.1.).

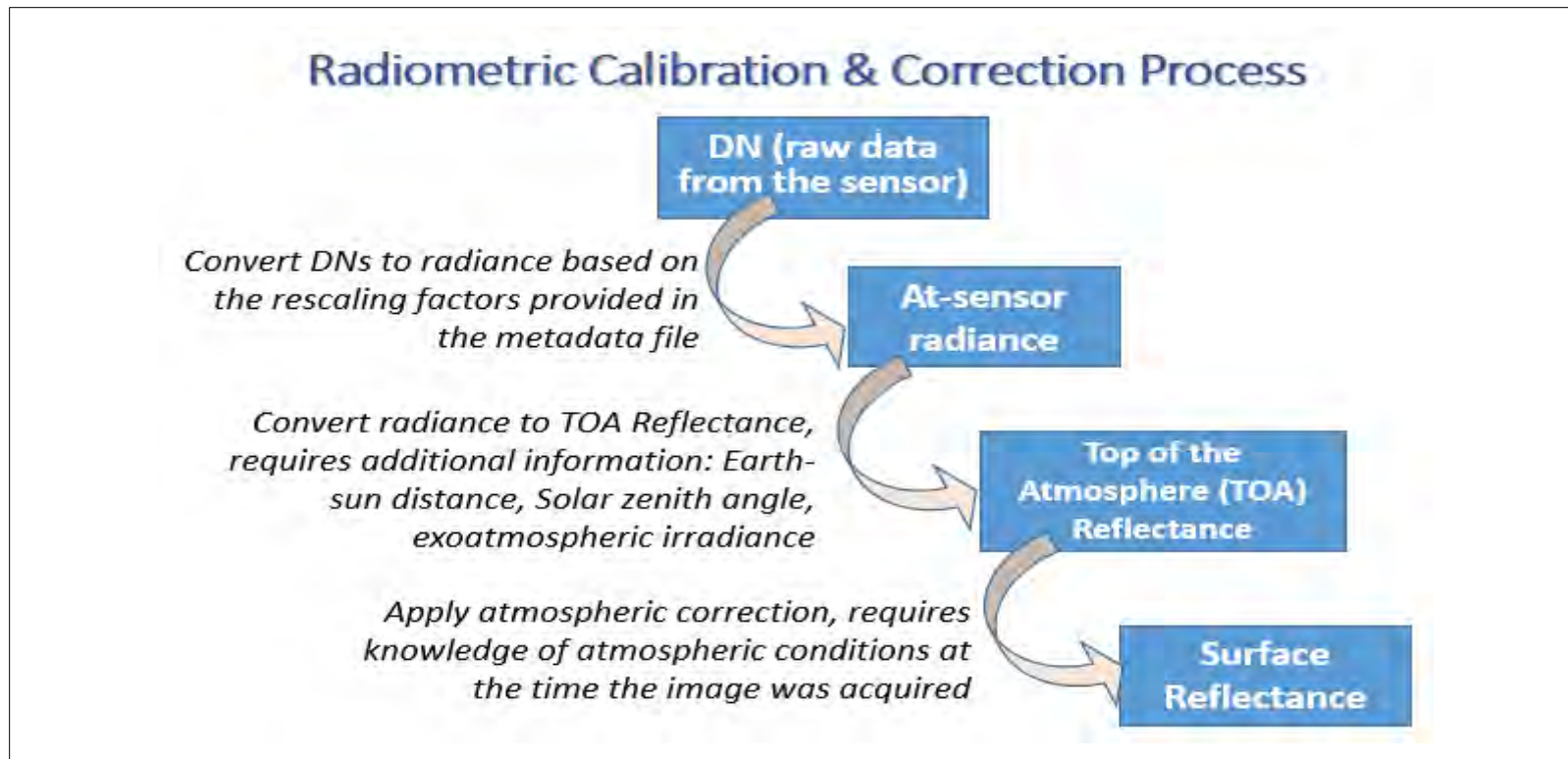


Figura 6.5. Procesul de calibrare și corectare radiometrică

Convertirea DN-urilor în radiație și reflectare  
 Numerele digitale brute (DN) din imagini pot fi transformate în ceea ce este cunoscut sub numele de radiație de top-of-atmosferă (TOA) sau reflectanță.  
 Ecuațiile redescalculează datele bazate pe informațiile specifice ale sensorului și elimină efectele diferențelor în geometria iluminării (unghiul solar diferit, distanța Pământ-Soare).  
 Majoritatea pachetelor software au instrumente pentru calibrarea datelor

[6.1.]

$$\rho\lambda = \frac{M_p Q_{cal} + A_p}{\cos(\theta_{SZ})}$$

$\rho\lambda$  = TOA reflectance

$\theta_{SE}$  = Local sun elevation angle provided in the metadata

$\theta_{SZ}$  = Local solar zenith angle;  $\theta_{SZ} = 90^\circ - \theta_{SE}$

$M_p$  = Band-specific multiplicative rescaling factor from the metadata

$A_p$  = Band-specific additive rescaling factor from the metadata

$Q_{cal}$  = Quantized and calibrated standard product pixel values (DN)

U.S. Geological Survey(USGS) a dezvoltat un software pentru aplicarea rutinelor de calibrare și corecție atmosferică la produsele de nivel 1 ale Misiunii Landsat. Aceste date sunt cunoscute sub denumirea de Date Reflectance Surface și sunt disponibile pentru datele Landsat 4-5 Thematic Mapper (TM), Landsat 7 Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) și Landsat 8 Operational Land Imager (OLI). Aceste date pot fi comandate prin intermediul EarthExplorer, Figura 6.7. [27. <https://earthexplorer.usgs.gov/>].



**Figura 6.6. Mozaicuri create folosind datele Landsat 8 Nivel 1 (stânga) și Date provizorii Landsat 8 Reflectance Surface (dreapta). Imagini create în luna decembrie 2014. Sursa imaginii: USGS[26].**



EarthExplorer - Home

Page Expires In 1:57:28

Home

Login Register RSS Feedback Hel

**Search Criteria** | Data Sets | Additional Criteria | Results

### 1. Enter Search Criteria

To narrow your search area: type in an address or place name, enter coordinates or click the map to define your search area (for advanced map tools, view the [help documentation](#)), and/or choose a date range.

**Geocoder** | KML/Shapefile Upload

Select a Geocoding Method  
Address/Place

Address/Place

Show Clear

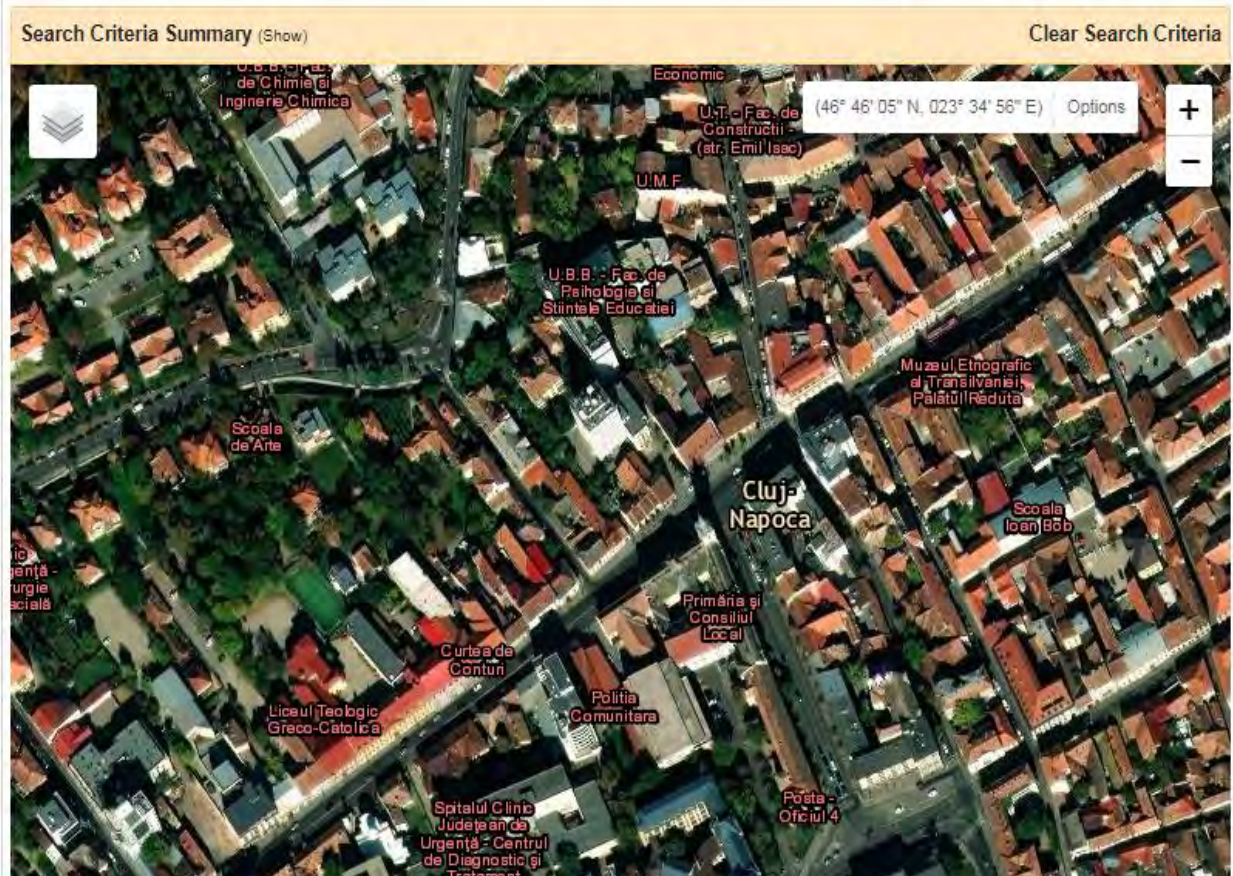
**Polygon** | Circle | Predefined Area

Degree/Minute/Second | Decimal

1. Lat: 46° 46' 16" N, Lon: 023° 37' 24" E

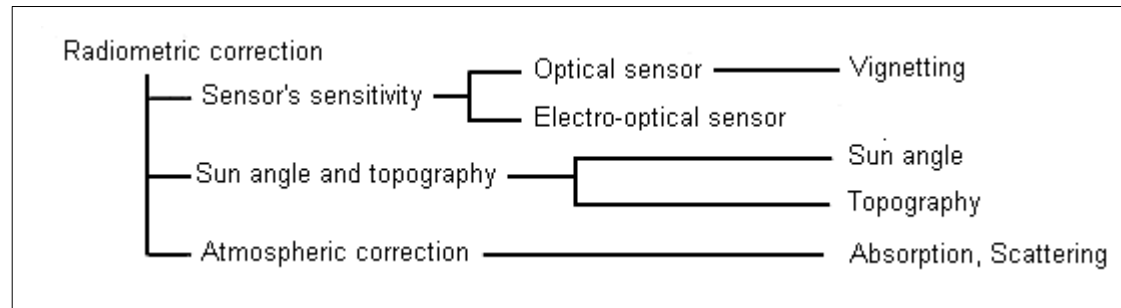
Use Map Add Coordinate Clear Coordinates

**Date Range** | Result Options

Figura 6.7. Captură de ecran <https://earthexplorer.usgs.gov/>, imagine Municipiul Cluj Napoca, zona centrală

În concluzie, atunci când energia electromagnetică emisă sau reflectată este observată de un senzor de la bordul unei aeronave sau al unei nave spațiale, energia observată nu coincide cu energia emisă sau reflectată din același obiect observată de la o distanță scurtă. Centralizând informațiile anterioare, corecția radiometrică poate fi clasificată, în funcție de natura factorilor corecți, în următoarele trei tipuri (a se vedea figurile 6.5. și 6.8.)[28]:

1. Corecția radiometrică a efectelor datorată sensibilității sensorului. În cazul senzorilor optici, care utilizează un obiectiv, o zonă cu franjuri în colțuri va fi mai întunecată în comparație cu zona centrală. Acesta efect se numește vignetație ("vignetting" notat de regulă cu  $n$ ) și poate fi exprimat prin cosinusul unghiului unei raze în raport cu axa optică,  $n$  depinde de caracteristicile lentilei, dar  $n$  este de obicei luat ca fiind egal cu 4. În cazul senzorilor electro-optici, datele de calibrare măsurate între iradiere și semnalul de ieșire al sensorului, pot fi utilizate pentru corecția radiometrică.
2. Corecție radiometrică pentru unghiul de incidență al razelor solare și condițiilor topografice de relief, are aceste două componente:
  - A. Radiația solară va fi reflectată difuz pe suprafața solului, ceea ce duce la o zonă mai diluată dintr-o imagine. Acest efect se numește punct de soare și împreună cu efectele de vignetație pot fi corectate estimând o curbă de umbrire, care este determinată de analiza Fourier pentru a extrage o componentă de joasă frecvență (a se vedea figura 6.8.).
  - B. Efectul de umbrire datorat reliefului topografic (Shading), poate fi corectat folosind unghiul dintre direcția radiației solare și vectorul normal față de suprafața solului.
3. Corecția atmosferică, privită în acest context (subiect anterior tratat). Diferite efecte atmosferice provoacă absorbția și împrăștierea radiațiilor solare. Radiația reflectată sau emisă de la un obiect și o strălucire a căii (împrăștiere atmosferică) ar trebui corectată.

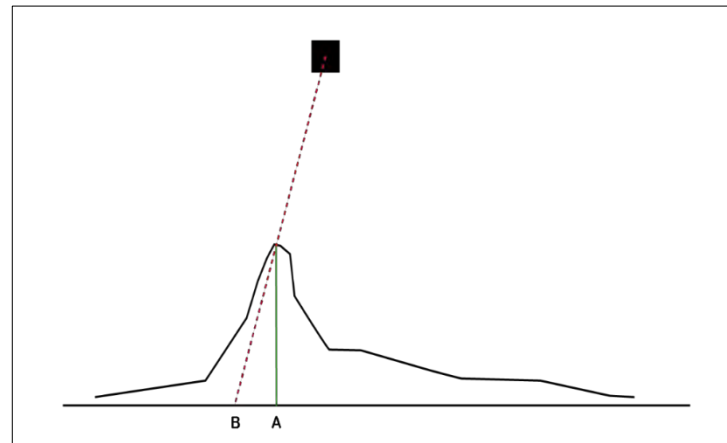


**Figura 6.8. Aplicarea în trei etape a corecției radiometrice[28]**

### 6.3. Corecții geometrice

Imaginile de teledetecție dobândite de sistemele de observare a Pământului nu pot fi utilizate direct, așa cum sunt, deoarece sunt deformate geometric. Aceste distorsiuni se datorează erorilor de poziționare a satelitului pe orbita sa, a faptului că Pământul se întoarce pe axa sa pe măsură ce imaginea este înregistrată, efectele reliefului etc. Sunt amplificate și mai mult de faptul că unii sateliți iau imagini oblice. Sunt previzibile unele distorsiuni, cum ar fi efectele rotației Pământului și unghiurile camerei raportate la suprafața scanată. Astfel, acestea pot fi calculate și valorile de corecție aplicate

sistematic. Sateliții au, de asemenea, sisteme sofisticate la bord pentru a înregistra mișcări foarte ușoare care afectează satelitul. Aceste informații sunt utilizate în primul rând pentru a corecta poziția satelitului (atunci când este necesar), dar pot fi folosite și pentru a corecta imaginile din punct de vedere geometric. Producătorii de imagini din satelit propun, în general, aplicarea celor mai elementare corecții pe baza informațiilor cunoscute din satelit. Astfel, în cazul imaginilor SPOT este posibil să fie achiziționate imagini necorectate geometric (imagini „nivel 1A”). Cu toate acestea, un număr mare de utilizatori lucrează cu imagini în care distorsiunile au fost corectate sistematic (imagini „nivel 1B”). Aceste corecții pot fi aplicate fără o cunoaștere specială a terenului. Precizia locațiilor din aceste imagini SPOT este de ordinul 500 m. Pentru a îmbunătăți precizia corecțiilor, a punctelor de referință sau a punctelor de control la sol, trebuie să fie disponibil GCP (identificat pe o hartă topografică sau în câmp prin GPS - Ground Control Points). Imaginile SPOT care au fost corectate în acest mod cresc precizia la aproximativ 50 m, iar datele pe care le conțin pot fi prezentate pe o proiecție de hartă dată, ceea ce înseamnă că imaginile sunt suprapuse pe o hartă. În zonele foarte accidentate, cu denivelări mari, denaturarea considerabilă este cauzată de paralaxele generate de teren, mai ales când imaginile au fost înregistrate dintr-o perspectivă oblică. Pe graficul din stânga punctul A corespunde poziției vârfului muntelui pe o hartă, în timp ce punctul B corespunde imaginii vârfului montan așa cum este văzut de satelit. Distanța A-B este paralaxa generată de diferența de altitudine. Pentru a corecta aceste distorsiuni, trebuie să existe un model digital al terenului, adică un fișier de calculator care să ridice elevarea fizică a fiecărui pixel din imagine. De regulă, se consideră că imaginile din satelit pot fi corectate în condiții ideale, astfel încât distorsiunile să nu depășească dimensiunea unui pixel (10 m pentru o imagine SPOT P), dar, dacă se spune adevărul, aceste condiții ideale sunt rareori văzute[29].



**Figura 6.9. Distorsionarea imaginilor din satelit pentru altitudini mari[29]**

Corecția și ortorectificarea geometrică sunt două moduri posibile de a lega imagini cu detectare de la distanță de o imagine deja corectată geometric sau de puncte de referință geografice. De obicei, aceste tehnici de corecție geometrică, cum ar fi transformarea polinomială, se bazează pe funcții generale care nu sunt legate direct de nici o sursă de distorsiune sau eroare specifice. Folosind software-ul ERDAS Imagine.[31], aplicând metodologia prin care s-a efectuat o corecție geometrică folosind modelul polinomial, precum și modul în care s-a efectuat o ortorectificare, imaginile din stânga a fost corectată geometric rezultând imaginea din dreapta(Figura 6.10.).

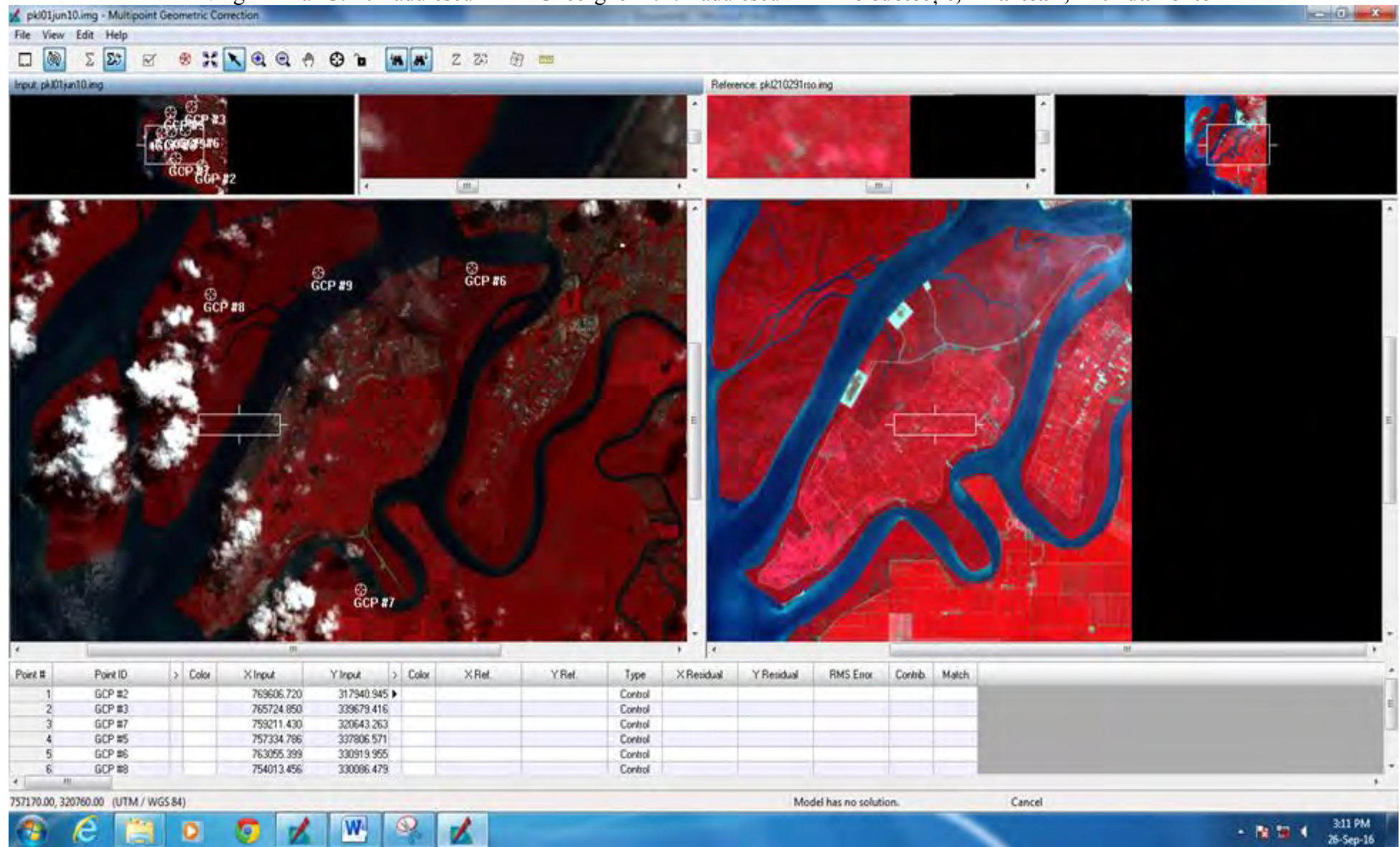
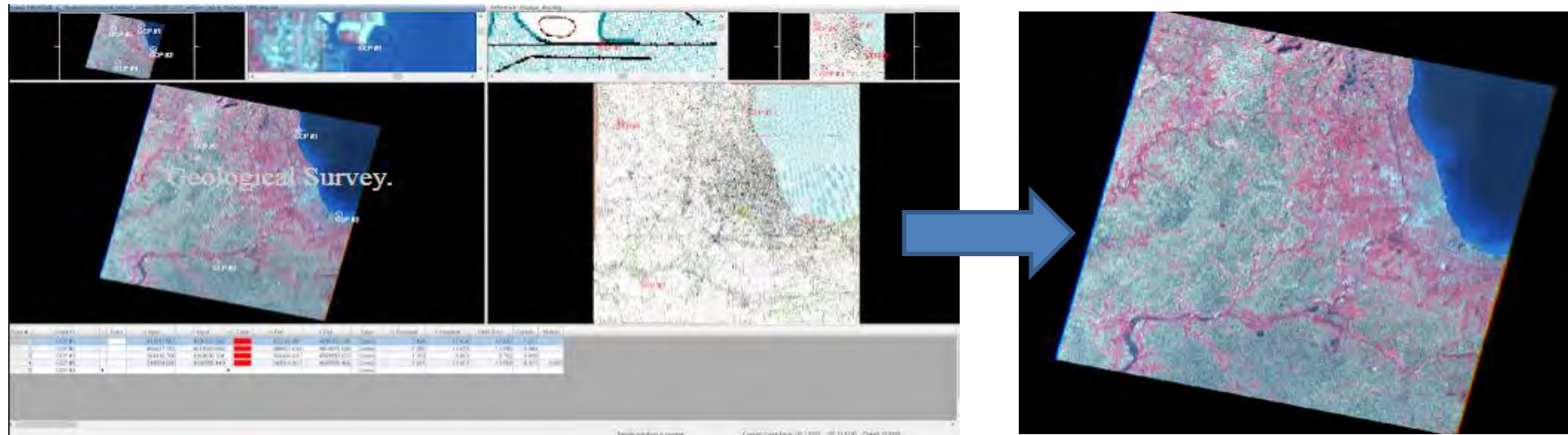


Figura 6.10. Software Used : Erdas Imagine 2013, Image Used and Result Resampling[30,31]

Imaginile digitale colectate de la senzorii aerieni sau transportați în spațiu conțin atât erori geometrice sistematice cât și nesistematice. Unele dintre aceste erori pot fi corectate prin utilizarea efemeridelor platformei și a caracteristicilor cunoscute ale distorsiunii sensorului intern. Alte erori pot fi corectate doar prin potrivirea coordonatelor de imagine ale caracteristicilor fizice înregistrate de imagine la coordonatele geografice ale acelorași funcții colectate de pe o hartă sau un sistem de poziționare globală GNSS[32]. Erorile geometrice care pot fi corectate folosind caracteristicile sensorului și datele despre efemeride includ variația de scanare, variația vitezei de scanare în oglindă, denaturarea panoramică, viteza platformei și geometria perspectivei. Unele erori care pot fi contabilizate numai prin utilizarea GCP-urilor includ rulajul, pasul și poziția platformei și / sau variația altitudinii. Corecția geometrică este realizată pentru a evita denaturarea geometrică de la o imagine distorsionată și se realizează prin stabilirea relației dintre sistemul de coordonate a imaginii și sistemul de coordonate geografice folosind datele de calibrare ale sensorului, datele măsurate ale poziției și altitudinii, punctelor de control la sol, condiției atmosferice etc.

Pentru a realiza corecția unei imagini Landsat TM a orașului Chicago, din SUA[34], două imagini au fost aduse pe monitorul computerului. Cele două imagini au inclus imaginea Landsat Chicago, precum și o imagine de referință a aceleiași zone. Imaginea Landsat a servit ca imagine de intrare. Instrumentul de puncte de control a fost selectat și a fost utilizat modelul geometric polinomial de ordinul întâi. Au fost apoi adăugate patru puncte de control la sol atât imaginii de referință, cât și imaginii de intrare cu o eroare a punctului de control mai mică de două procente. Imaginea de mai jos arată punctele de control la sol utilizate în prima parte a laboratorului(Figura 6.11.).



a.

b.

**Figura 6.11.a. Zona Metropolitană din Chicago și locațiile punctului de control la sol pentru prima parte a laboratorului. Imaginea din stânga cadrului este imaginea de referință, b. Imaginea corectată geometric a Zonei Metropolitane din Chicago[34]**

#### 6.4. Prelucrări digitale ale imaginilor satelitare. Noțiuni teoretice

Prelucrarea digitală a imaginilor din satelit poate fi planimetrică pentru extragerea detaliilor planimetrice și / sau stereoscopică pentru a determina reprezentarea altimetrică a suprafeței și reliefului Pământului. Prelucrarea digitală stereoscopică a imaginilor din satelit se realizează prin georeferențiere sau recuperare a imaginilor din satelit care urmează să fie procesate, urmată de prelucrarea acestora. Astfel de metode de procesare sunt diferite pentru imagini monospectrale, respectiv pentru cele multispectrale. Imagistica digitală monospectrală se realizează prin filtrare spațială care accentuează diferite frecvențe spațiale, imagistica digitală și imagistică multispectrală se referă la un complex din diferite benzi spectrale pentru a obține o nouă imagine[35]. Procesarea digitală a imaginilor stereoscopice prin satelit este cea mai precisă și cea mai cuprinzătoare metodă, are o cantitate imensă de aplicații în domeniul de cercetare și dezvoltare, care implică următorii pași:

- Stabilirea orientării interioare a imaginii stereoscopice;
- Stabilirea orientării exterioare a imaginii stereoscopice;
- Orientarea absolută a modelului stereoscopic (orientarea modelului stereoscopic în sistemul de coordonate al planului sau hărților topografice);
- Finalizarea Modelului stereoscopic de funcționare (detalii de vectorizare planimetrică și desen de contur pentru reprezentarea reliefului).

Pentru procesarea de imagini digitale satelitare stereoscopice există software specializat care permite proiectarea și funcționarea stereoscopică. În practica curentă sunt cunoscute patru tipuri de rezoluții asociate cu imaginile din satelit. Acestea sunt[36-38]:

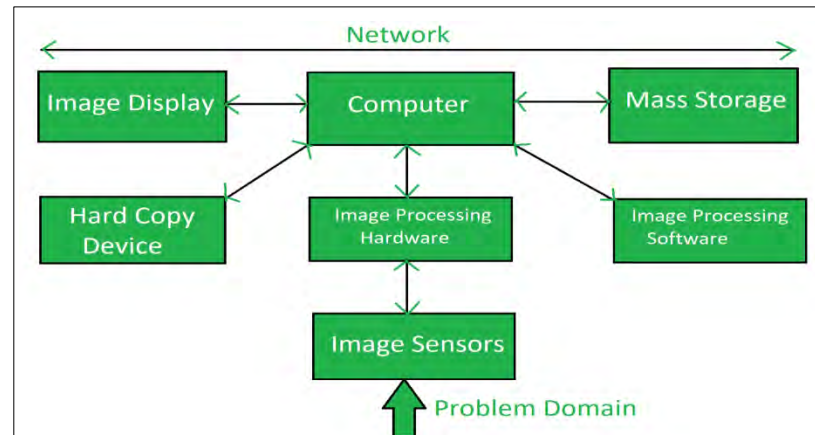
- **Rezoluția spațială** - este determinată de senzorii Câmpului vizual instantaneu (Instantaneous Field of View - IFoV) și este definită ca dimensiunea pixelului unei imagini vizibile pentru ochiul uman măsurată la sol. Deoarece are o putere mare de rezolvare sau capacitatea de a se separa este denumită Rezoluție spațială.
- **Rezoluția spectrală** - măsoară dimensiunea internă a lungimii de undă și determină numărul de intervale de lungime de undă pe care le măsoară sensorul.
- **Rezoluția temporală** - este definită ca timpul care trece între diferite perioade de preluare a imaginilor.
- **Rezoluția radiometrică** - Această rezoluție oferă caracteristicile reale ale imaginii și este exprimată în general în dimensiunea biților. Oferă adâncimea de biți eficientă și înregistrează diferitele niveluri de luminozitate ale sistemului imagistic.

Prelucrarea digitală a imaginilor utilizează diferiți algoritmi fiind formată din următoarele componente[38]:

- Senzori de imagine: simt intensitatea, amplitudinea, coordonatele și alte caracteristici ale imaginilor și transmit rezultatul hardware-ului de procesare a imaginii. Acesta acțiune definește domeniul problemei.
- Hardware pentru procesarea imaginii: este un hardware dedicat utilizat pentru procesarea informațiilor obținute de la senzorii de imagine. Prin această acțiune se transmite rezultatul prelucrării prin procesare a imaginilor pe computer.
- Computer: este un calculator, cu caracteristici specifice volumului de date prelucrate, utilizat în sistemul de procesare a imaginilor.
- Software-ul de procesare a imaginilor: include toate mecanismele și algoritmi care sunt folosiți în sistemul de procesare a imaginilor.
- Stocarea datelor în masă: stochează pixelii imaginilor în timpul procesării.



- Dispozitiv de copiere pe suport: Odată ce imaginea este procesată, atunci este stocată în dispozitivul de copiere pe hârtie sau alt support material. Afișarea imaginii: Include monitorul sau ecranul de afișare care afișează imaginile procesate.
- Rețeaua: reprezintă conexiunea tuturor elementelor de mai sus ale sistemului de procesare a imaginilor.



**Figura 6.12. Componente ale sistemului de procesare a imaginilor[38]**

Sunt disponibile mai multe tipuri de sisteme de procesare și software profesional pentru procesarea și analiza imaginilor. Multe tehnici de procesare și analiză a imaginilor au fost dezvoltate pentru a ajuta interpretarea imaginilor de teledetecție și pentru a extrage cât mai multe informații din imagini. Alegerea tehnicilor sau algoritmilor specifici de a utiliza depinde de obiectivele fiecărui proiect individual. Modulele de procesare digitală disponibile pe aceste sisteme asigură următoarele patru categorii de funcții[39]:

- 1. Prelucrarea preliminară a imaginii,**
- 2. Tehnici pentru consolidarea imaginii – Creșterea calității imaginii,**
- 3. Transformarea imaginii**
- 4. Clasificarea și analiza imaginii.**

**1. Prelucrarea preliminară a imaginilor,** Funcțiile preliminare de prelucrare preced analiza imaginii și extragerea informațiilor și sunt grupate în calibrări radiometrice, corecții atmosferice și geometrice, subiecte anterior tratate. După corectarea prin aceste etape a calității și conținutului imaginilor se continua cu următoarele trei etape de prelucrare a imaginilor satelitare, după cum urmează

**2. Tehnici pentru consolidarea imaginii,** Funcțiile de îmbunătățire a imaginilor sunt concepute pentru a îmbunătăți aspectul imaginii pentru interpretarea și analiza vizuală inițială. Exemple de funcții de întărire includ îmbunătățirea contrastului (întărirea liniară, logaritmul exponențial, alinierea histogramelor) pentru a crește diferențele de tonalitate între țintele adiacente din imagine sau filtrarea spațială pentru a consolida anumite ținte ale imaginii (de exemplu, limitarea limitelor folosind filtre de tip Laplacian - canale, drumuri etc.). Când dinamica spectrală a imaginilor (contrastul) este slabă, prin

manipularea și consolidarea tematicii de contrast, se folosesc o serie de tehnici pentru a obține o imagine modificată pentru o aplicație specifică, alta decât originalul. Toate metodele numerice utilizate au avantajul unei pierderi minime de informații. Abordarea se face în două moduri: operarea în domeniul spațial și operarea în domeniul frecvențelor. Procesele spațiale sunt aplicate chiar și în planul imaginii prin manipularea pixelilor acesteia, în timp ce tehnicile de prelucrare din domeniul frecvenței se bazează pe modificarea funcției de transfer a modulării imaginii. Înainte de orice interpretare și prelucrare numerică, este necesară o clasificare a datelor. Aceasta începe cu tratamentul statistic al valorilor din imagine: calculul parametrilor principali, media, ecart-ul, histograma. Histogramele permit aprecierea formei de distribuție. Pentru a realiza acest lucru, după eterogenitatea imaginii, operatorii experimentați vor păstra un pixel de zece și nu toate. Dacă histograma are o concentrație de clasă foarte mare pe un interval restrâns, contrastul general al imaginii este slab. Acest interval poate fi lărgit prin redistribuirea valorilor din clase. Netezirea imaginii este utilizată pentru atenuarea efectelor parazitare din imaginea digitală, care rezultă ca rezultat al performanțelor slabe ale sistemului de eșantionare prin canalul de transmisie. Tehnicile sunt atât în domeniul spațial, cât și în domeniul frecvenței. În spațiu, se utilizează tehnologia de proximitate, plus un proces de prag, iar în domeniul frecvențelor, filtrul „down down” este utilizat prin atenuarea frecvențelor înalte (date de perturbare) folosind transformarea Fourier. Claritatea îmbunătățită a imaginii constă în medierea pixelilor într-o zonă pentru una specifică, care tinde să estompeze detaliile imaginii. Deoarece medierea este analogă cu operația de integrare, diferențierea va avea un efect opus și va crește calitatea imaginii date. Se utilizează metoda gradientului.

Aspectul vizual al obiectelor din imaginile de Teledetecție poate fi îmbunătățit și prin alte tehnici de îmbunătățire a imaginii, cum ar fi întinderea nivelului de gri pentru a îmbunătăți contrastul și filtrarea spațială pentru îmbunătățirea clarității marginilor imaginilor[35-40]. Un exemplu de procedură de îmbunătățire este prezentat în continuare cu referire la o imaginea SPOT multispectrală asupra căreia i s-au făcut corecții radiometrice și geometrice. Imaginea a fost de asemenea transformată pentru a se conforma unei anumite proiecții de hartă (proiecție UTM). Această imagine este afișată fără alte îmbunătățiri(figura 6.13.). În imaginea nemodificată din figură, se poate observa o nuanță albăstruie care se întinde peste toată imaginea, producând o neclaritate a acesteia. Acest fenomen se datorează împrăștierii luminii solare prin atmosferă în câmpul vizual al sensorului, efect degradează, de asemenea, și contrastul din imagine. Pentru a aplica tehnici de îmbunătățire a imaginii se examinează Histogramele imaginii(Figura 6.13.b.), în care Axa X a histogramei este intervalul numerelor digitale disponibile, adică de la 0 la 255 iar Axa Y este numărul de pixeli din imaginea cu un număr digital dat. Histogramele celor trei benzi ale acestei imagini sunt prezentate în Figura 6.13.b. sus, Histogram of the XS3 (near infrared) band (displayed in red), mijloc, Histogram of the XS2 (red) band (displayed in green), jos, Histogram of the XS1 (green) band (displayed in blue) iar imaginea corectată în Figura 6.14.c. De reținut că numărul digital minim pentru fiecare bandă este mai mare ca zero. Fiecare histogramă este deplasată spre dreapta cu o anumită cantitate. Această schimbare se datorează componentei de împrăștiere a atmosferei care se adaugă radiației reale reflectate de la sol. Schimbarea este deosebit de mare pentru banda XS1, comparativ cu celelalte două benzi, datorită contribuției mai mari a împrăștierii Rayleigh pentru lungimea de undă mai scurtă. Numărul digital maxim al fiecărei benzi este mai mic ca 255. Factorul de câștig al sensorului a fost ajustat pentru a anticipa orice posibilitate de a întâlni un obiect foarte luminos. Prin urmare, majoritatea pixelilor din imagine au numere digitale mult sub valoarea maximă de 255. Imaginea poate fi îmbunătățită printr-o nivelare liniară simplă la nivel de gri. În această metodă, se alege o valoare a pragului de nivel, astfel încât toate valorile pixelilor sub acest prag să fie mapate la zero. De asemenea, o valoare a pragului superior este aleasă astfel încât toate valorile pixelilor peste acest prag să fie mapate la 255. Toate celelalte valori ale pixelilor sunt interpolate liniar pentru a se situa între 0 și 255. Pragurile inferioare și superioare sunt de obicei alese pentru a fi valori apropiate de minim și valori maxime ale pixelilor din imagine. Tabelul de transformare la nivel de gri(Grey-Level Transformation Table) este prezentat în Graficul 6.1..

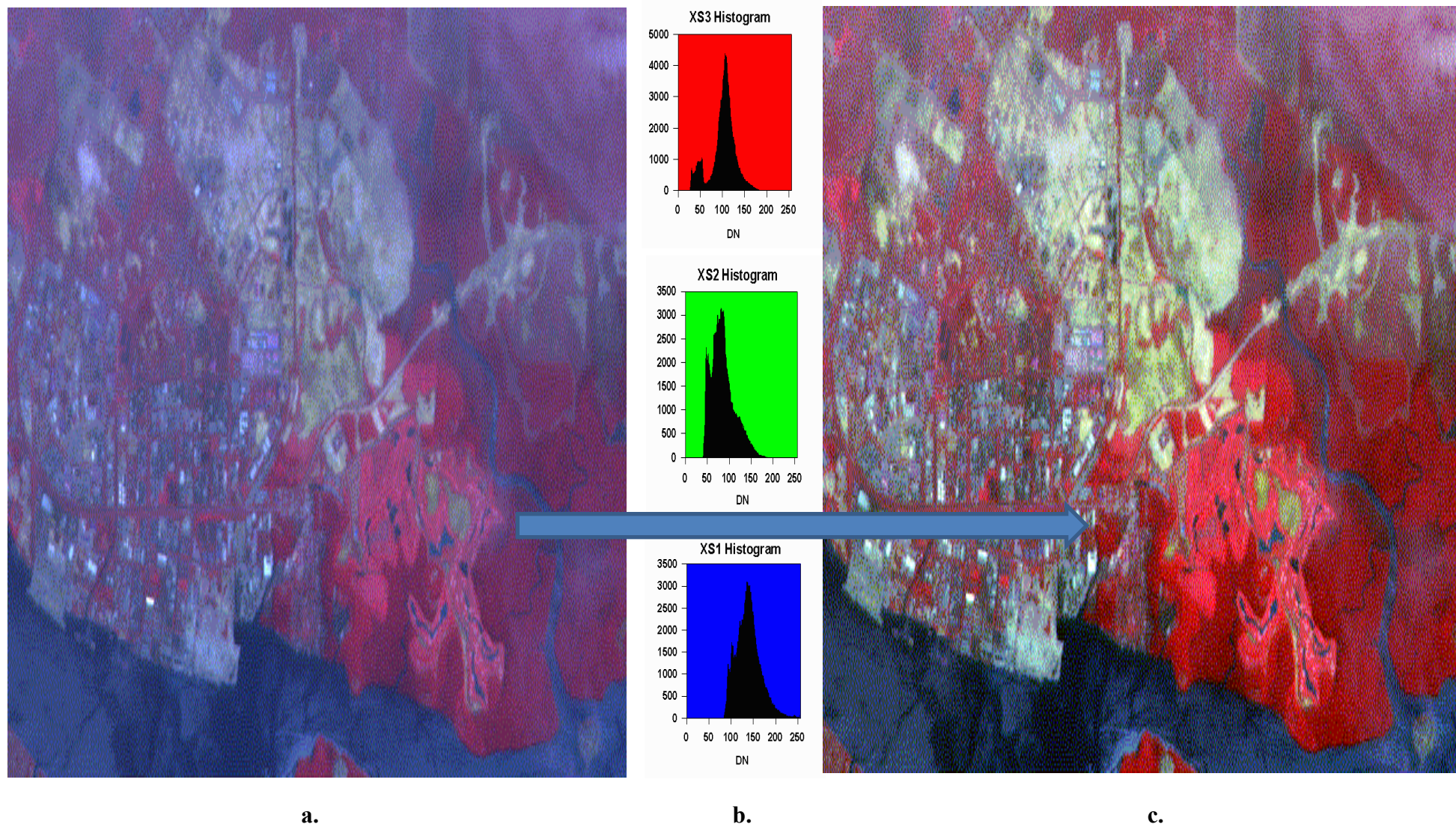
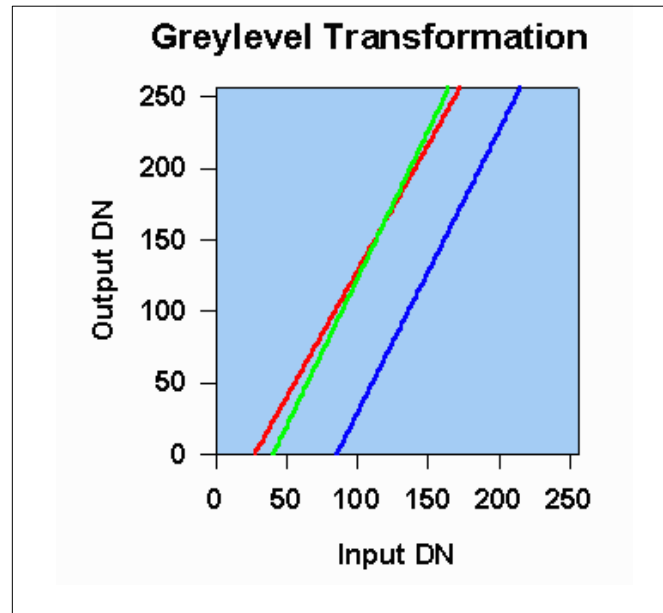


Figura 6.13. a. Imaginea rezultată după aplicarea corecțiilor atmosferice, radionmetrice și geometrice, b. Histogramele celor trei benzi ale acestei imagini, c. Imaginea corectată, Rezultatul aplicării întinderii liniare este prezentat în imagine[40]

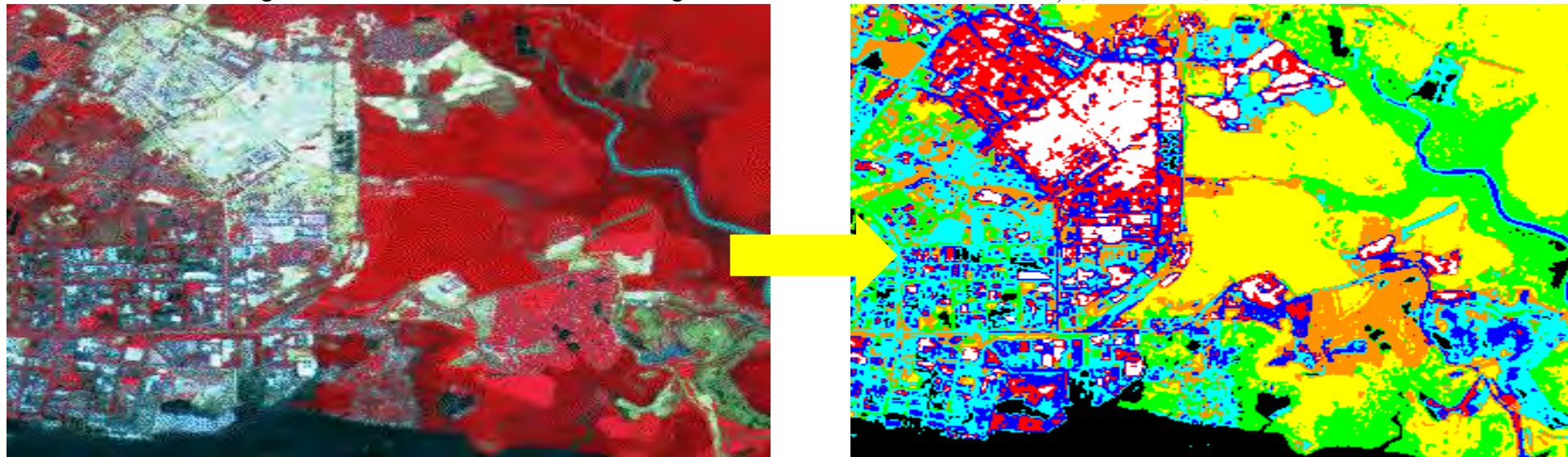


**Graficul 6.1. Tabelul de transformare la nivel de gri pentru efectuarea întinderii liniare a nivelului gri din cele trei benzi ale imaginii. Linia roșie: banda XS3; Linia verde: banda XS2; Linia albastră: banda XS1[40]**

**3. Transformări ale imaginii,** Funcțiile de transformare a imaginilor sunt funcții conceptuale similare cu îmbunătățirea imaginii. Dar, în timp ce îmbunătățirea contrastului se aplică numai unei imagini, transformarea imaginii implică procesarea combinată a mai multor benzi spectrale. Pe numerele digitale care caracterizează fiecare pixel de imagini multispectrale sunt aplicate operațiuni aritmetice care conduc la crearea de noi imagini care să evidențieze mai bine anumite obiecte din imagine (îmbunătățirea contrastului multiplicativ, transformări bazate pe variația intensității, culoarea și saturația culorii). Această categorie include Indicii de vegetație - evaluări cantitative bazate pe valorile imaginii digitale, care încearcă să măsoare biomasa sau vigoarea vegetației. De asemenea, aici se găsesc tehnici de compresie a datelor, cum ar fi Analiza componentelor principale, care încearcă să elimine corelația dintre canalele noilor înregistrări și reprezentarea mai eficientă a informațiilor în înregistrările multispectrale.

**4. Clasificarea și interpretarea imaginii,** Funcțiile de clasificare și analiză a imaginilor sunt utilizate pentru identificarea și clasificarea pixelilor aparținând unui anumit obiect din imagine. Clasificarea se face de obicei pe seturi de date multispectrale, alocând fiecare pixel din imagine unei clase particulare, pe baza caracteristicilor statistice cunoscute sau pe baza valorii de ascuțire a pixelilor din imagine. Există o mare varietate de metode de clasificare nesupravegheate și supravegheate. În primul caz, aceasta este o metodă de identificare bazată doar pe proprietățile fizice sau configurația spațială a obiectelor din imagine (zone necunoscute sau greu accesibile). În clasificarea nesupravegheată, programul de calculator grupează automat pixelii din imagine în grupări separate, în funcție de caracteristicile spectrale ale acestora. Analistului i se va atribui apoi fiecărei grupări un tip de

acoperire de teren. În cel de-al doilea caz, sunt stabilite criteriile de decizie a clasificării imaginii, referindu-ne la o partajare prealabilă a valorilor radiante: se aleg clasele de obiecte; valorile radiante și parametrii statistici pentru fiecare clasă sunt măsuțați sau extrasi din cataloage (medie, interval de variație, scală de tip etc.). În clasificarea supravegheată, caracteristicile spectrale ale unor zone de tipuri de acoperire funciară cunoscute sunt extrase din imagine. Aceste zone sunt cunoscute sub denumirea de „arii de pregătire”. Fiecare pixel din întreaga imagine este apoi clasificat ca aparținând uneia dintre clase, în funcție de cât de aproape de caracteristicile sale spectrale sunt de caracteristicile spectrale ale zonelor de antrenament. În acest scop, în siturile de eșantionare sunt măsurători radiometrice ideale, caracteristice pentru fiecare clasă. Acestea sunt efectuate concomitent cu trecerea satelitului și corectate în ceea ce privește transferul atmosferic și instrumental. Aplicarea prelucrării digitale permite integrarea datelor din diferite surse, multi-temporale, luate cu senzori diferiți (analog, fotogrammetric, teledeteție), o metodă foarte folosită pentru interpretarea și analiza datelor. Scopul este extragerea de informații mai sigure și mai precise. Fiecare clasă de copertă este denumită „temă” și produsul clasificării este cunoscut sub numele de „foaie tematică”. Următoarea imagine (Figura 6.14.) arată un exemplu de hartă tematică. Această hartă a fost derivată din imaginea SPOT multispectrală a zonei de testare arătată într-o secțiune anterioară folosind un algoritm de clasificare nesupervizat. Rezoluția senzorului prin satelit permite aplicații combinate sau alternative cu camere digitale fotogrammetrice până la scara 1: 1.000. Imaginile color multispectrale servesc la colectarea spectrală a datelor, în timp ce imaginile pancromatice oferă o bună rezoluție spațială. Un exemplu excelent este combinația de date optice multispectrale care oferă date de acoperire a suprafeței cu imagini radar care evidențiază detaliile structurale ale zonei. Aplicațiile de integrare a datelor multisenzor necesită o suprapunere geometrică perfectă a imaginilor referite într-un sistem de coordonate sau folosind o imagine de referință (hartă). De exemplu, modelul digital al peisajului obținut prin fotogrammetrie poate fi integrat cu date multispectrale și utilizat pentru clasificarea imaginilor, pentru corectarea efectelor datorate variației altimetrului și a pantei, cu efectul de a crește precizia clasificării. Combinând date de diferite tipuri și din surse diferite într-un mediu digital, potențialul de extragere a informațiilor crește considerabil. Astfel, conceptul de Sistem de Informații Geografice (GIS) definit ca baze de date geografice cu metodologie specifică pentru stocarea, preluarea, analiza, afișarea, extragerea, procesarea și actualizarea unor date care pot fi localizate pe suprafața terestră folosind un sistem de referință. Scopul lor este de a oferi o gamă largă de informații despre terenuri și mediu, prin localizarea spațială a fenomenelor studiate. Pentru a face acest lucru, GIS trebuie să furnizeze următoarele funcții principale: introducerea, validarea și codificarea datelor, gestionarea datelor, preluarea și apelarea ușoară, prelucrarea datelor pentru a obține informații tematice sau de sinteză, decodarea informațiilor obținute și prezentarea acestora într-un mod mai accesibil și mai expresiv. se formează sub formă de imagini, hărți tematice, tabele etc. Aceste funcții sunt îndeplinite cu ajutorul subsistemelor specializate care fac parte din GIS. În cazul tehnologiilor analogice, hărțile folosite, imaginile procesate, uleiurile interpretate foto sunt scanate sau digitalizate la o rezoluție suficient de ridicată pentru a oferi precizia scării la care au fost realizate și introduse în unitatea de memorie a sistemului. În cazul tehnologiilor digitale și hibride, toate operațiunile pot fi efectuate folosind GIS, astfel încât fiecare etapă finală de procesare poate fi stocate. Câteva exemple de software de imagistică digitală: ERDAS IMAGE Product Suite, ArcGIS, PCI (EASI PACE), ER Mapper, ENVI (Mediu pentru vizualizarea imaginilor).



a.

b.

**Figura 6.14. a. Imagine SPOT multispectrală a zonei de testare, b. Harta tematică derivată din imaginea SPOT folosind o clasificare nesupravegheată și un algoritm de clasificare**

## 6.5. Prelucrări digitale ale imaginilor satelitare. Softuri de imagistică digitală

### 6.5.1. ERDAS Imagine

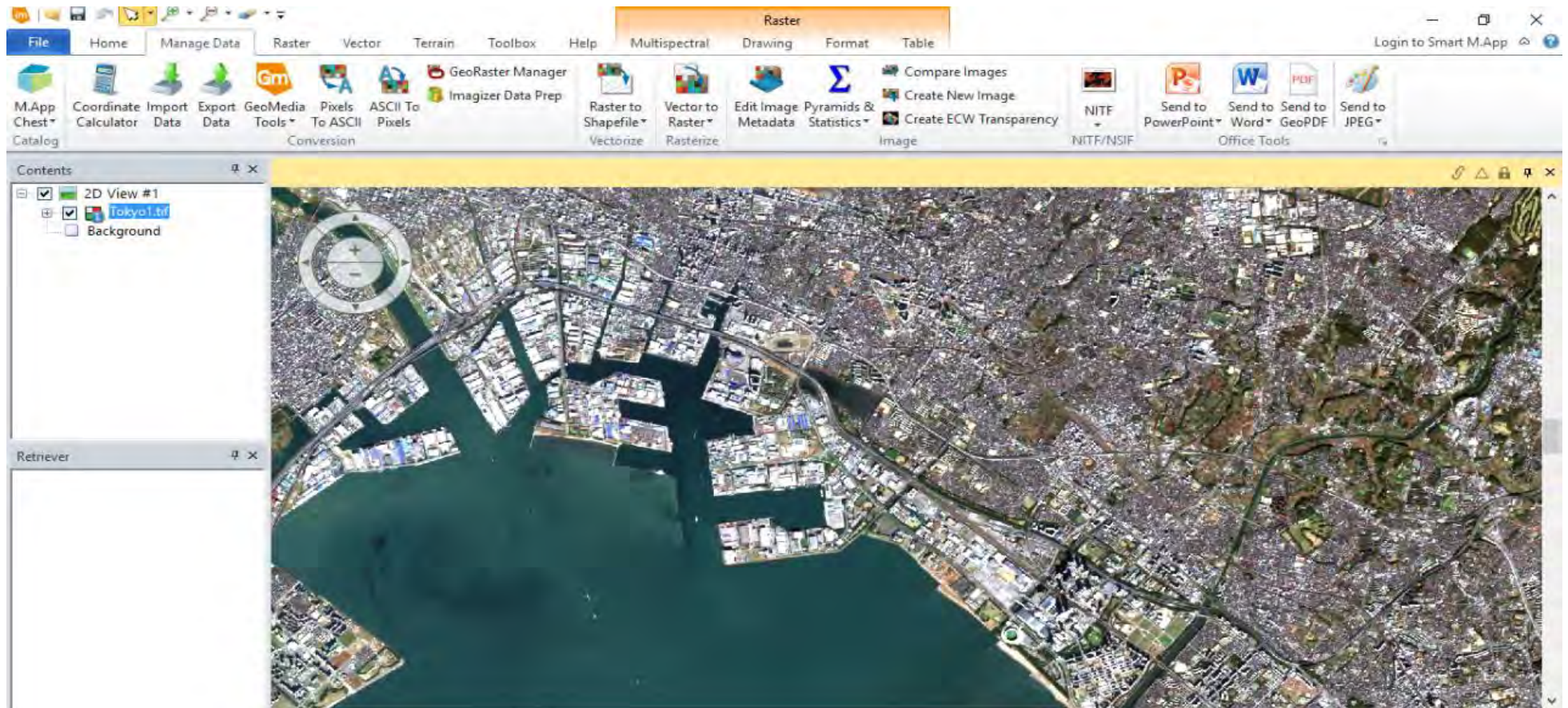
Cu Softul ERDAS Imagine(Intergraph Corporation)[41] se poate realiza o analiză avansată a imaginilor de teledeteție, și se poate construi modelarea spațială a zonelor cercetate având astfel acces la modele 2D și 3D, filme sau hărți de calitate cartografică înaltă. Nucleul softului este conceput pentru a se adapta la nevoile de producție de date geospatiale. Softul deține și module suplimentare care oferă funcționalități specializate.

- IMAGINE Essentials® este produsul de procesare a imaginilor la nivel de intrare pentru crearea hărților permițând procesarea serială a loturilor de imagini.
- IMAGINE Advantage® permite procesarea spectrală avansată, înregistrarea imaginilor, mozaicarea și analiza imaginilor și capacitățile de detectare a schimbărilor, acesta permite procesarea paralelă a loturilor pentru o ieșire accelerată a produselor finite.
- IMAGINE Professional® include un set de instrumente de producție pentru analiza spectrală avansată, procesare hiperspectrală și modelare spațială. Acest modul include și ERDAS ER Mapper.

ERDAS Imagine a fost lansat în anul 1978 (ERDAS 4 la acea vreme) și s-a menținut pe piața softurilor de specialitate datorită facilităților în utilizare, astfel interfața softului ajută la păstrarea tuturor instrumentelor de operare în ordine, inclusiv procesare, clasificare, fotogrammetrie, LiDAR, radar și toate aspectele teledetecției. Principalele atribute ale ERDAS Imagine sunt următoarele[42]:

**1. Posibilitatea de a vizualiza imagini din diferite surse și într-o mare varietate de compoziții**

Softul este compatibil cu o serie de sateliți precum Landsat, Worldview, Sentinel, SPOT și AVHRR iar benzile spectrale se pot organiza după necesitățile proiectului concret al utilizatorului.



**Figura 6.15. Tokyo, Imagine pancromatică 2D, ERDAS Imagine[42]**

## 2. Instrumente LiDAR

Light Detection and Ranging (LiDAR) trimite activ energie luminoasă pe sol și măsoară lumina reflectată în timp înapoi la senzor pentru a obține distanța. Din acest motiv, LiDAR oferă o imagine precisă a elevării solului și a caracteristicilor sale. ERDAS Imagine analizează datele LiDAR în forma (LAS). Astfel, se poate plasa un fișier LAS în vizualizator pentru a vedea și edita clou-ul punctului. Acest mecanism se declanșează dacă se utilizează instrumentele de teren ERDAS IMAGINE pentru a lucra cu datele LiDAR. Instrumentul Shadow Relief permite efectuarea mapării structurale. Pentru aceasta se selectează DEM (intrare pentru instrumentul Shadow Relief), se alege fișierul LiDAR în dialogul DEM de intrare și se setează Fișierele de tip „LAS ca Raster (\* .las)” sau „LAZ ca Raster (\* .laz)” în funcție de formatul datelor LiDAR utilizate. În acest mod, ERDAS IMAGINE poate efectua o analiză volumetrică cu datele din cloud LiDAR[43].

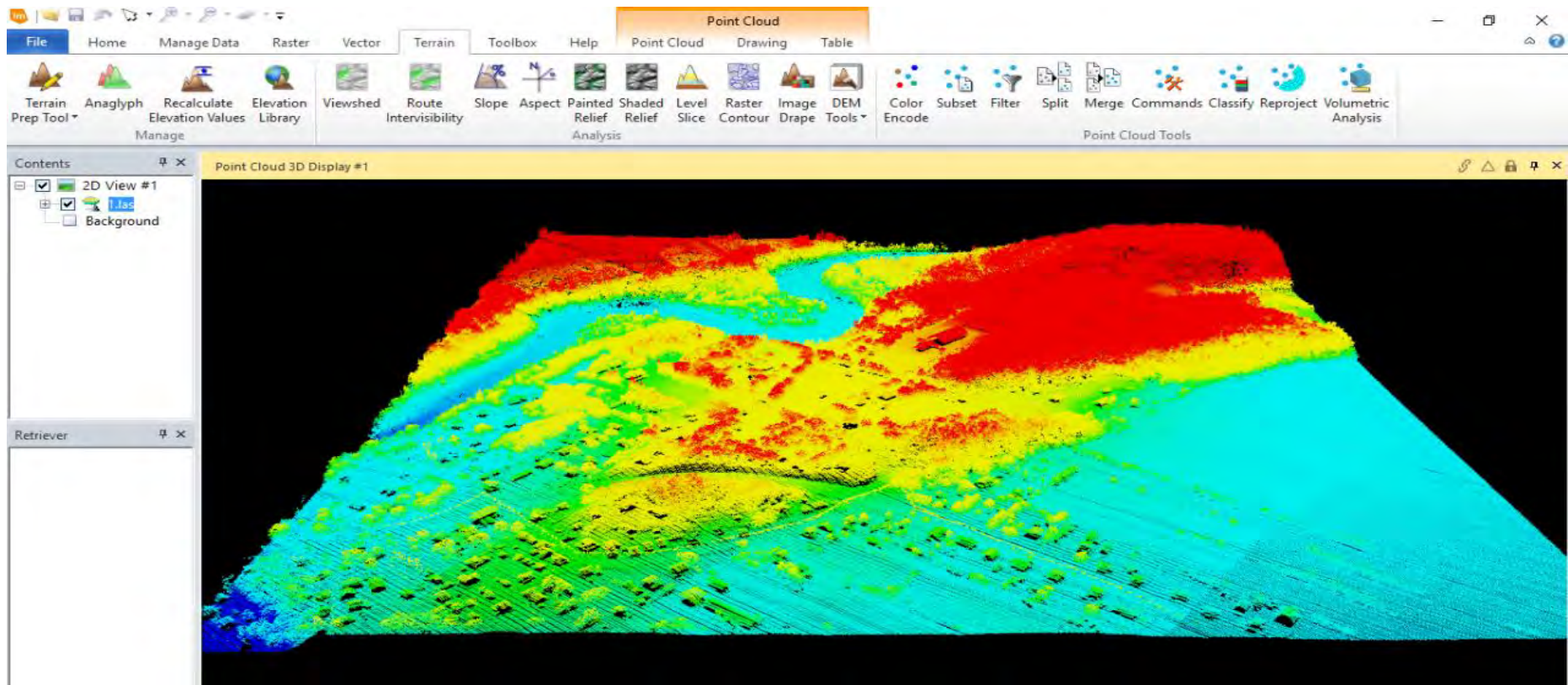
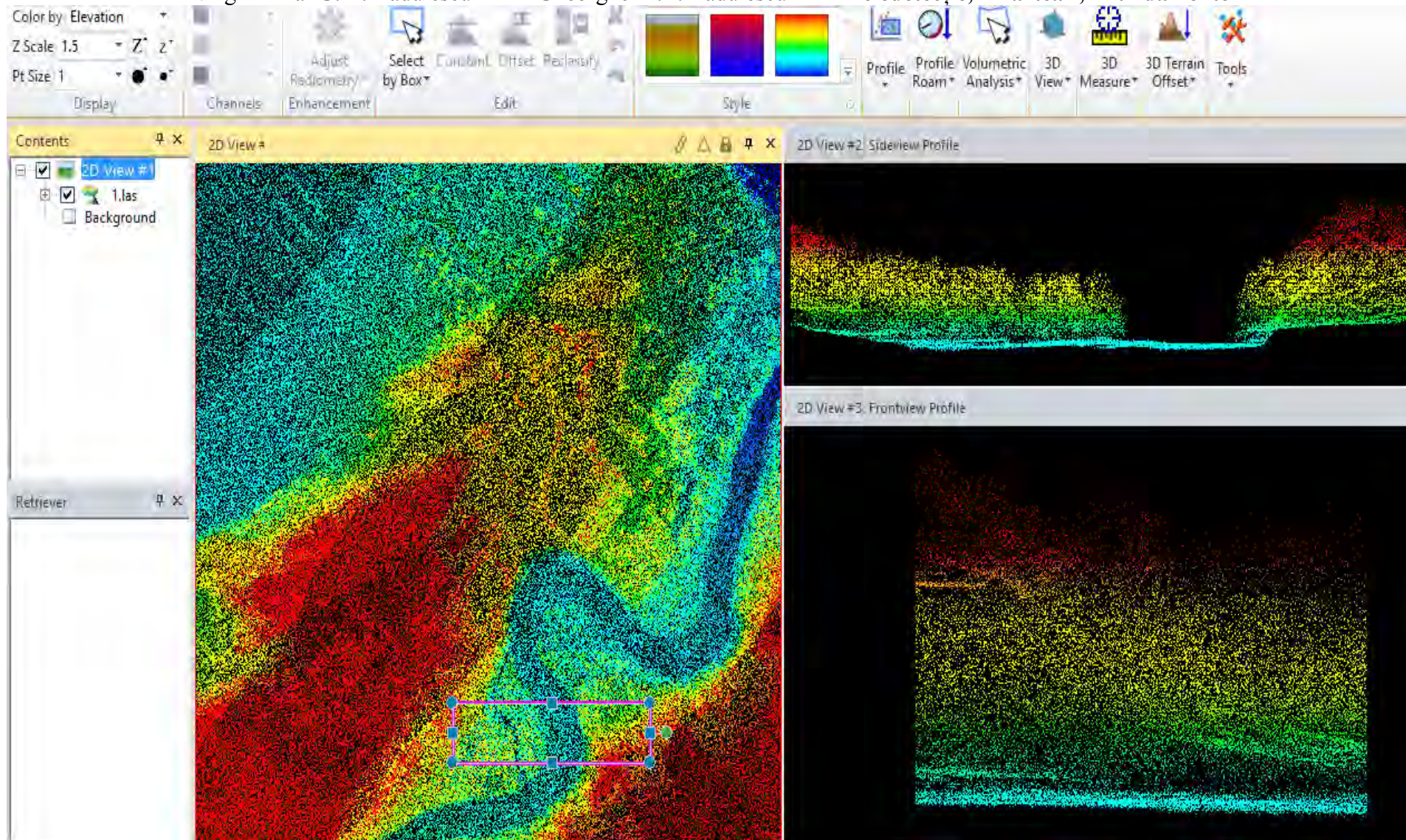


Figura 6.16. Activarea funcției „las” în ERDAS Imagine pentru analiza volumetrică a datelor LIDAR

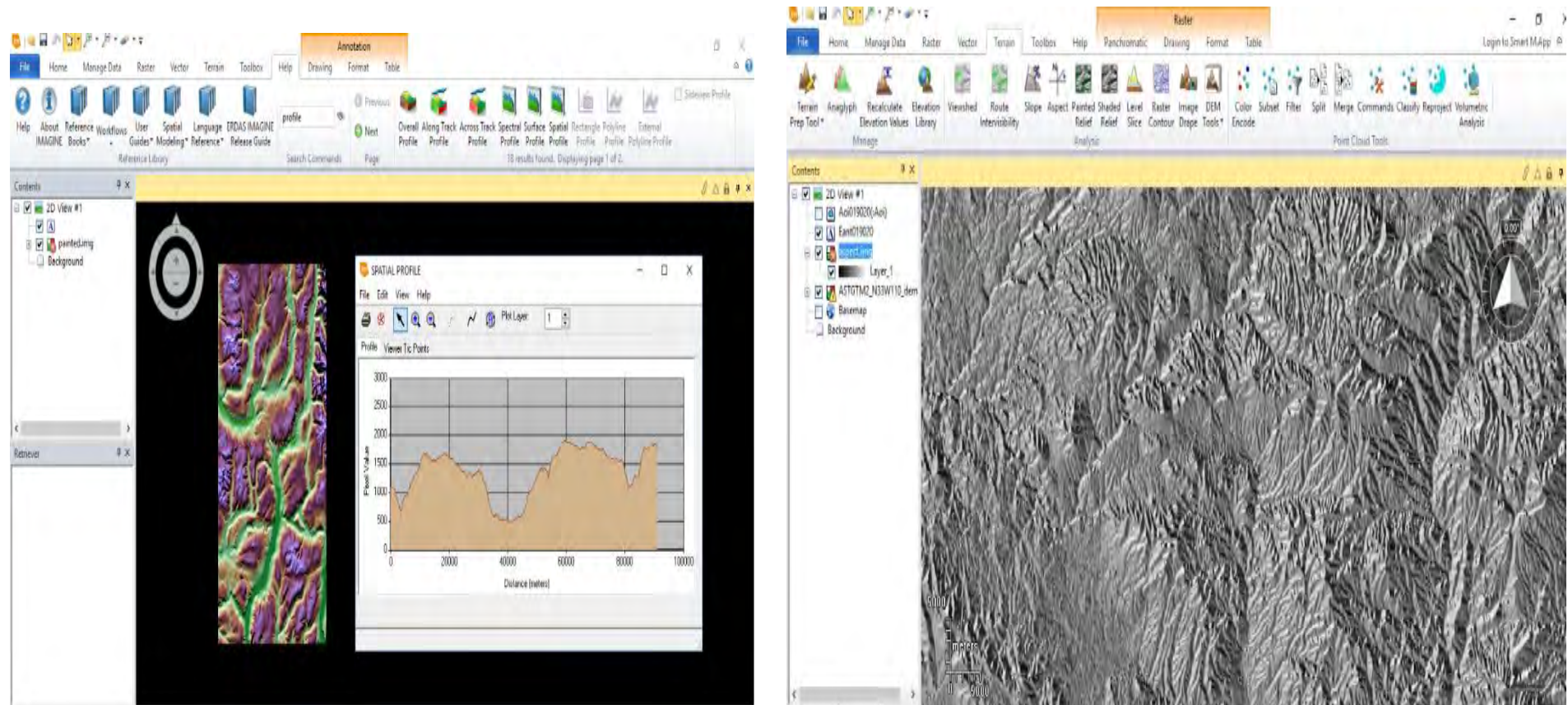




**Figura 6.17. ERDAS Imagine poate să redea nori de puncte în 3D și oferă posibilitatea vizualizării intensității, a cotei și alte diferite clasificări și detalii ale suprafețelor scanate cu instrumentele LIDAR**

### 3. Instrumente de teren

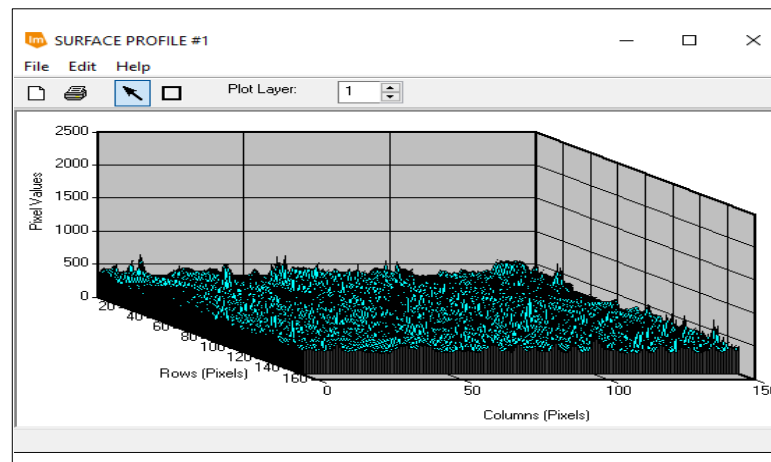
ERDAS Imagine poate efectua majoritatea tipurilor de analiză a terenului bazat pe imagini LiDAR sau inSAR digital elevation. În imaginea redată (Figura 6.18.a.) relieful este redat în domenii de culori, în funcție de altitudine, se pot genera apoi profile de vedere laterală. ERDAS Imagine poate genera declivități, detalieri, conturări pentru diverse tipuri de hărți vizualizate (Figura 6.18.b.). În plus, dispune de instrumente geoscientifice pentru a elimina zonele goale, oferind posibilitatea analizării zonelor scanate LIDAR într-un vizualizator GIS virtual. Utilizând, în plus, o licență pentru analiza stereo a imaginilor se pot colecta și măsura caracteristici 3D folosind principii fotogrammetrice din perechi stereo de imagini. În acest mod, (Figura 6.19.) se pot crea modele 3D ale unor suprafețe stabilite



a.

b.

Figura 6.18. Analiza reliefului cu softul ERDAS Image, prelucrare date LIDAR[42]

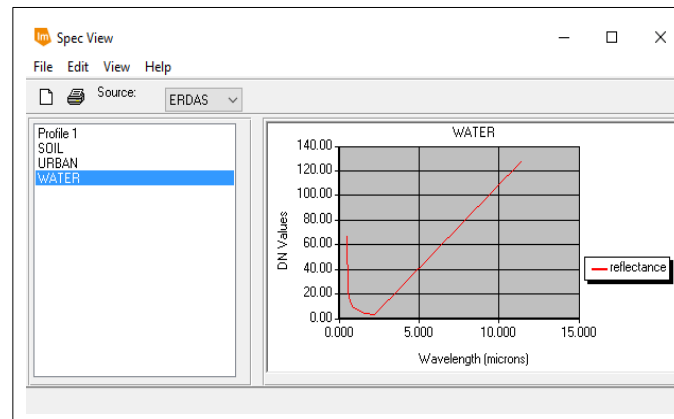


**Figura 6.19. Construirea modelului 3D, cu ERDAS Image, imagini LIDAR[42]**

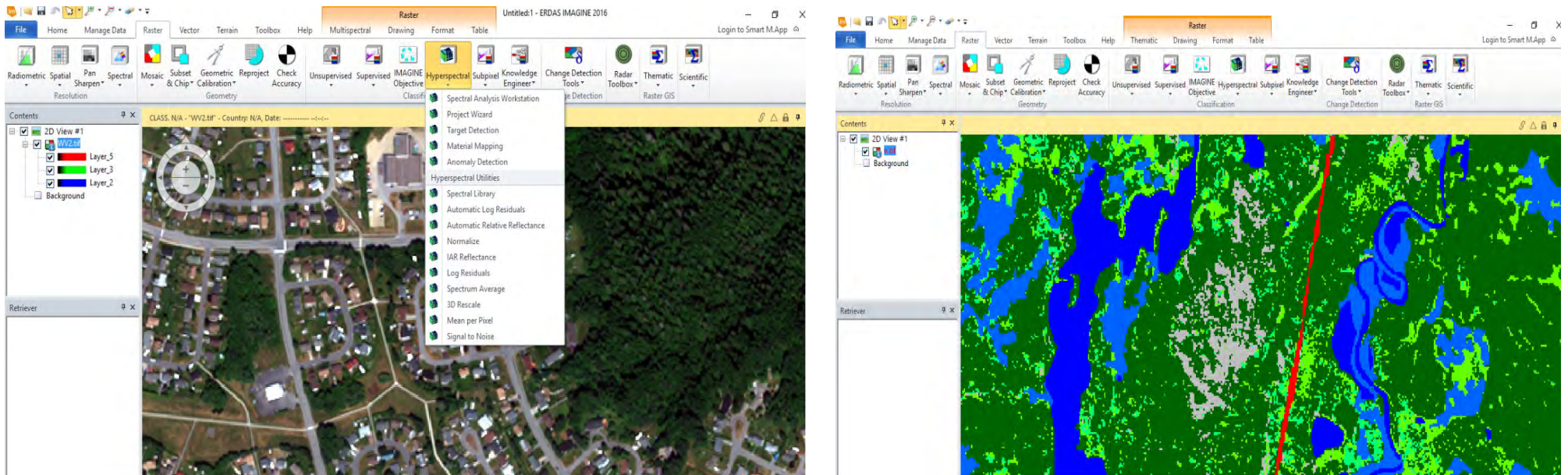
#### **4. Instrumente spectrale**

Fiecare caracteristică/detaliu de pe suprafața Pământului are compoziția sa unică, în funcție de care reflectă și absoarbe roșu, verde, albastru, infraroșu și diferite tipuri de energie. Aceasta înseamnă că fiecare caracteristică are propria semnătură spectrală. Având la bază aceste constatări se pot construi biblioteci spectrale care cataloghează caracteristicile și compozițiile unice de minerale, vegetație, etc. ERDAS Imagine permite extinderea acestui subiect printr-o bibliotecă de profil spectrală proprie (un exemplu este prezentat în Figura 6.20.) - similară cu USGS Spectral Characteristics Viewer[44]. Cu mai multe benzi spectrale (cum ar fi cu datele hiperspectrale), se poate crea ocazia de a clasifica mai multe caracteristici cu o precizie mai mare. Deși datele hiperspectrale sunt greu de obținut, ERDAS Imagine oferă asistență pentru analiza hiperspectrală. Așa cum am mai precizat, există numeroase instrumente pentru clasificarea supravegheată și nesupravegheată, dar cu toate acestea, nu se poate efectua o analiză de imagine bazată pe obiecte, iar pentru aceasta se poate utiliza Trimble ECognition Definiens Developer[45]. În Teledetecție indicii spectrali caracteristici pentru diferite materiale, precum vegetație, sulfati, apă, zăpadă și gheață (codificați NDVI, SAVI, GNDVI, RVI, MSAVI, DVI) nu rezultă în mod direct, din imagini individuale, ci doar prin combinații de benzi spectrale ale aceluiași obiect vizualizat, fapt posibil prin utilizarea softului analizat. De exemplu „indicele de vegetație” rezultă prin unele combinații matematice prin transformarea benzilor spectrale care accentuează proprietățile spectrale ale plantelor, astfel încât acestea să apară distincte din alte caracteristici ale imaginii[46]. Astfel, în ERDAS Image, având la dispoziție benzile necesare, se pot extrage acești indici și implicit datele necesare din imaginea analizată multispectral. De exemplu, în Figura 6.22. este o imagine NDVI (Normalized Difference Vegetation Index - Indice de vegetație cu diferențe normalizate), acesta fiind un indice utilizat pentru a estima cantitatea, calitatea și dezvoltarea vegetației bazate pe măsurare, prin intermediul senzorilor la distanță, de

Virgil Mihai G.M. Rădulescu      Gheorghe M.T. Rădulescu      **Teledetecție, Partea I, Fundamente**  
 obicei, instalați dintr-o platformă spațială, a intensității radiației anumitor benzi din spectrul electromagnetic pe care vegetația o emite sau o reflectă[47].



**Figura 6.20. Exemplu de analiză spectrală ERDAS Imagine[42]**



**Figura 6.21. Imagini analizate multispectral cu instrumentele ERDAS Imagine[42]**

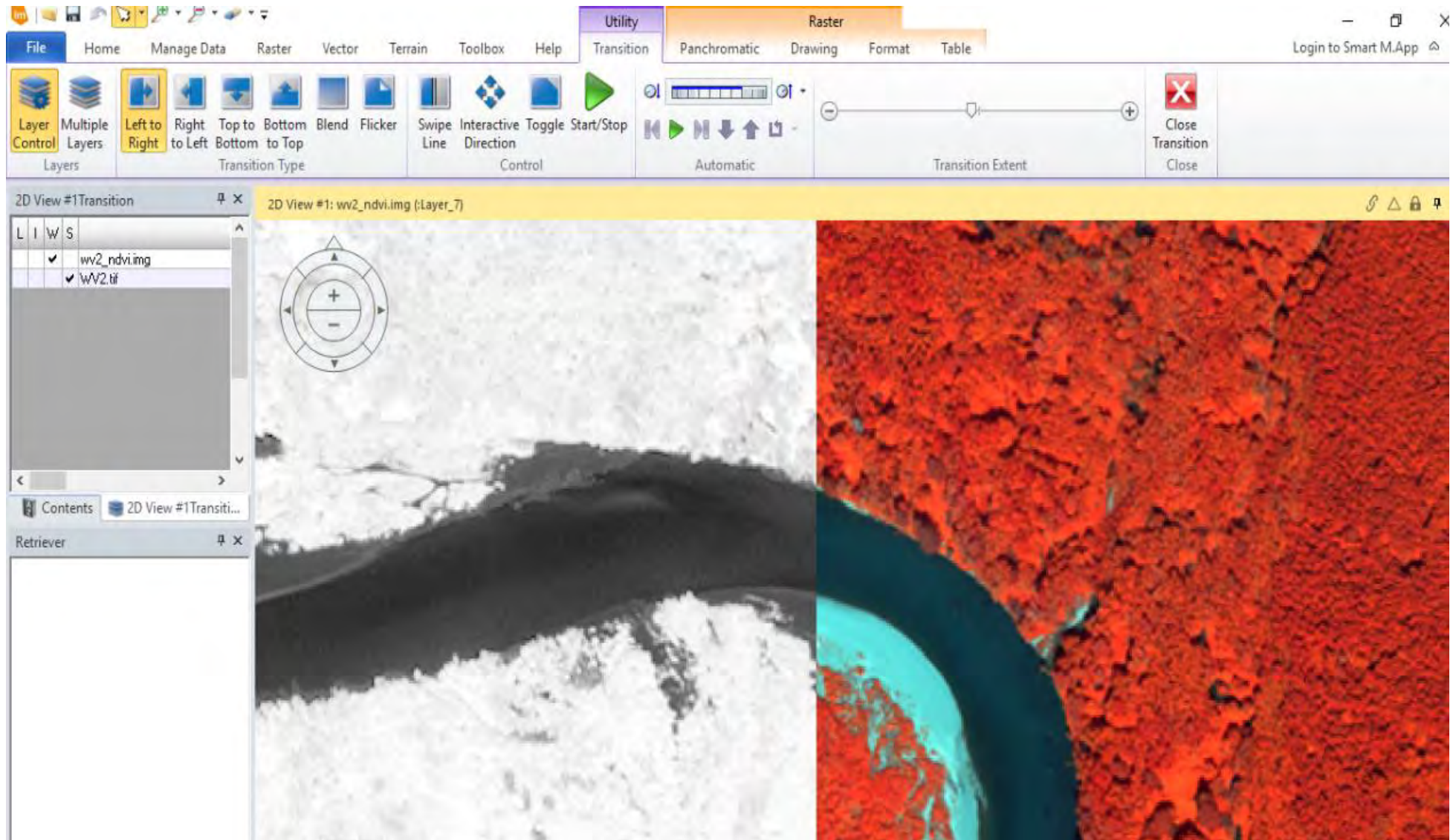


Figura 6.22. Imagine NDVI(Normalized Difference Vegetation Index), ERDAS Imagine[42]

## 5. Instrumente radar

ERDAS Imagine poate opera și pe informații oferite de senzorii activi precum radarul cu diafragmă sintetică. Astfel softul dispune de un sistem de prelucrare și interpretare date radar, de exemplu ca cele oferite de misiunile spațiale Sentinel-1, Radarsat și TerraSAR care pot fi importate în forma lor originală. În acest mod, ERDAS Imagine poate efectua interferometrie pentru extragerea DEM, analiza texturii și clasificarea polarimetrică, facilitând foarte mult utilizarea datelor radar.

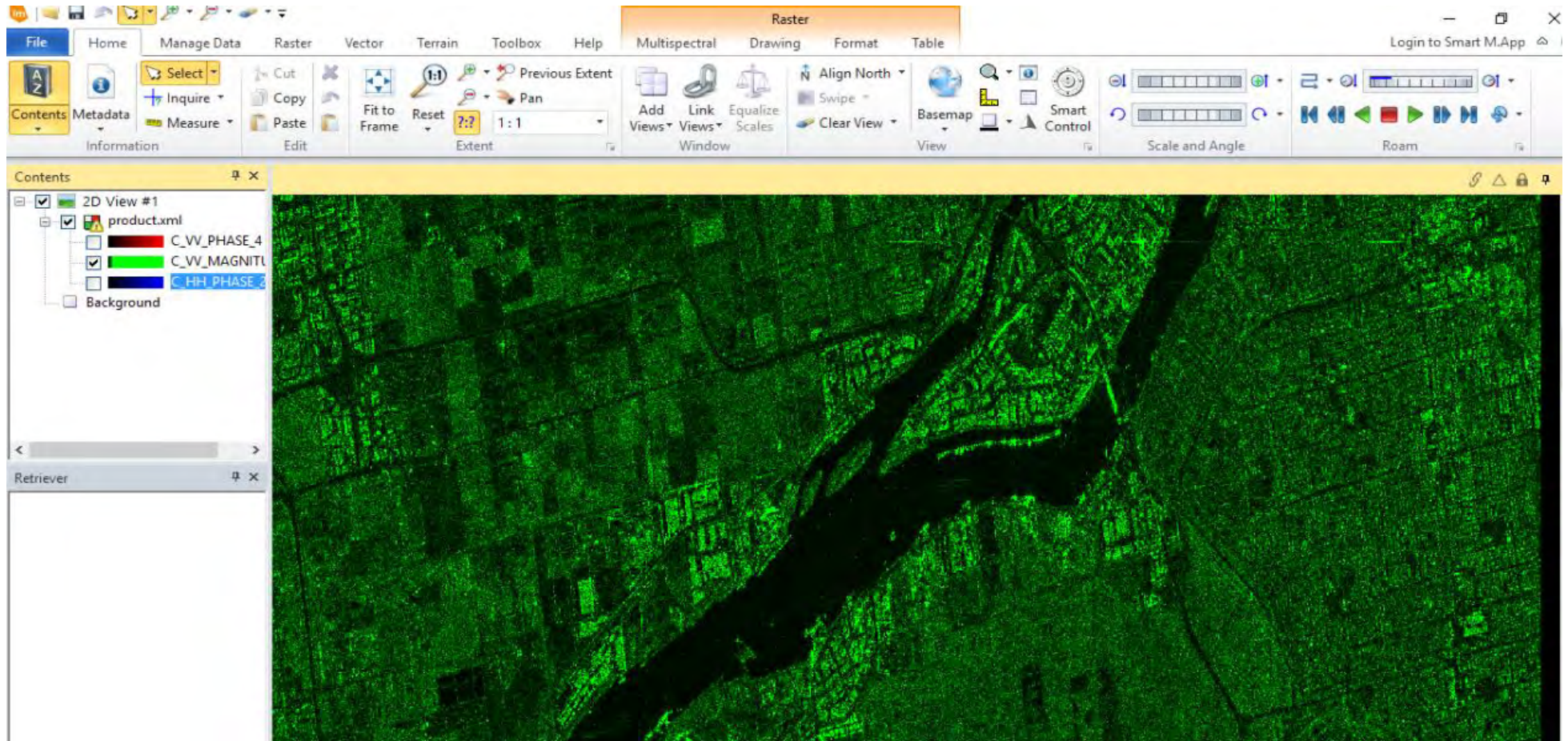


Figura 6.23. Imagine Radar-Lidar vizualizată prin softul ERDAS Imagine[48]

## 6. Spatial Model Editor - Editorul modelului spațial

Editorul modelului spațial al softului ERDAS Imagine centralizează întregul set de instrumente de operare. Similar cu ArcGIS Model Builder[50] sau complexul de softuri FME al companiei canadiene Safe Software[51], Spatial Model Editor permite de exemplu conversii LAS – raster(Figura 6.24).

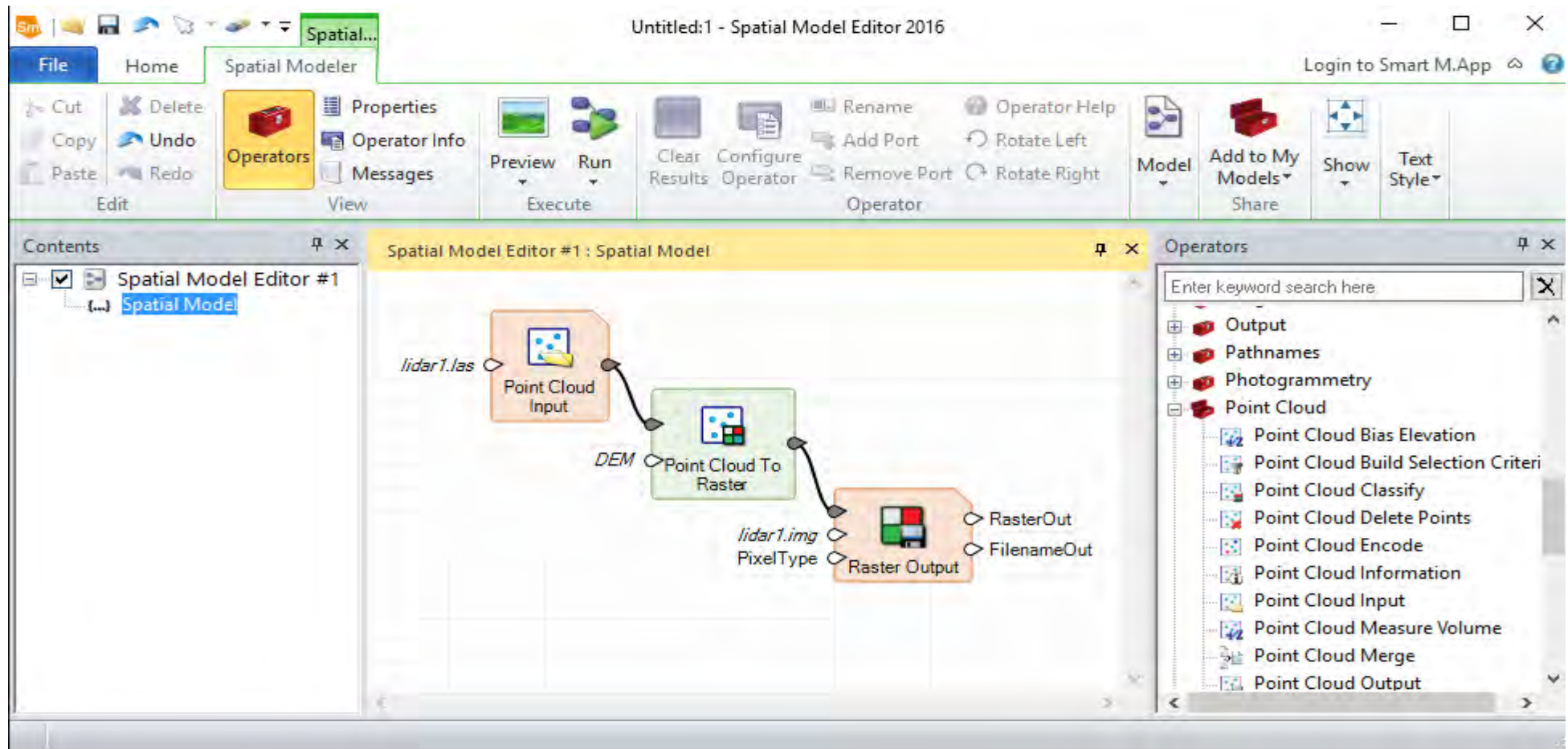







Figura 6.24. Spatial Model Editor ERDAS Imagine - conversie LAS la raster[49]

### 6.5.2. ArcGIS

ArcGIS Pro conține multe instrumente care pot opera cu date raster și imagini[52,53]. Folosirea funcțiilor raster reprezintă un mod direct și eficient de procesare și analiză a datelor-imaginilor în ArcGIS. Funcțiile Raster sunt operații care aplică procesarea direct pe pixelii imaginilor și pe seturile de date raster, spre deosebire de instrumentele de geo-procesare, care scriu un nou creează un nou raster. Calculele sunt aplicate pe pixelii datelor originale pe măsură ce este afișat rasterul, deci sunt procesați doar pixelii care sunt vizibili pe ecran. O funcție raster poate fi aplicată tuturor tipurilor de rastere, iar ieșirea va fi un strat raster virtual. Fila Imagery oferă acces la funcțiile care pot fi utilizate pentru a efectua analiza și a prelucra datele introduse. Grupul Instrumente din Fila Imagery conține două galerii: Process gallery și Indices gallery[54].

Process gallery conține unele dintre cele mai utilizate funcții. Este un subset al întregii suită de funcții raster, dar aceste funcții de proces sunt configurate pentru acces rapid și analiză și permit recunoașterea diferenței dintre două straturi raster selectate sau mozaicarea mai multor rastere într-unul. Funcțiile din galerie vor fi activate numai atunci când este selectat numărul corect de intrări. De exemplu, funcția Clip necesită doar o intrare, astfel încât este activată după este selectat un singur strat în panoul Conținut. Funcția Difference necesită să fie selectate două rastere, astfel încât acestea vor fi activate numai când sunt selectate două straturi raster în panoul Conținut. Odată ce o funcție este selectată din galerie, aceasta va rămâne ca funcția implicită pentru butonul split.

**Tabelul 6.2. Funcțiile în Process Gallery**

| Iconița   | Funcția           | Descrierea  |
|---|-------------------|---|
|    | <b>Clip</b>       | Clips the input to the viewing extent.<br>This tool uses the Clip function with the Outside clip type.  |
|   | <b>Mask</b>       | Removes the portion of the image within the viewing extent.<br>This tool uses the Clip function with the Inside clip type.  |
|  | <b>Difference</b> | Subtracts the value of the second input raster from the value of the first input raster on a pixel-by-pixel basis. The order of selection in the Contents pane defines the order of inputs.<br>This tool uses the Minus function. |
|  | <b>Composite</b>  | Combines multiple datasets into one multiband raster.<br>This tool uses the Composite Bands function.   |
|  | <b>Mosaic</b>     | Stitches a set of raster datasets together to create one dataset.<br>This tool uses the Mosaic Rasters function.  |



Indices gallery conține mai mulți indici care pot fi folosiți pentru a analiza date multiband, cum ar fi efectuarea unui Index de vegetație diferențială normalizată (NDVI) sau a unui raport de ardere normalizat (BNR). Indicii de imagine sunt imagini care sunt procesate din imagini multiband. Imaginile subliniază un fenomen specific care este prezent, în timp ce atenuează alți factori care degradează efectele din imagine. De exemplu, un indice de vegetație va arăta vegetația sănătoasă la fel de strălucitoare în imaginea indexului, în timp ce vegetația nesănătoasă are valori mai scăzute. Deoarece umbrirea din variația terenului (dealuri și văi) afectează intensitatea imaginilor, indicii sunt creați în moduri în care culoarea unui obiect este accentuată, mai degrabă decât intensitatea sau luminozitatea obiectului. Valoarea unui indice de vegetație pentru un pin sănătos care este umbrat într-o vale va avea o valoare similară cu un pin care este în plină soare. Acești indici sunt adesea construiți prin combinații de adunări și scăderi de benzi, făcând astfel diverse raporturi de bandă. Sunt legate de benzi specifice care se află în anumite părți ale spectrului electromagnetic. Drept urmare, acestea pot fi valabile numai pentru anumiți senzori sau clase de senzori și este esențial să fie utilizate benzi corespunzătoare în procesare.

Una dintre modalitățile obișnuite de a utiliza acești indici este de a compara același obiect în mai multe imagini preluate în timp. De exemplu, s-ar putea să existe imagini multiple ale unui câmp agricol, care au fost luate săptămânal, de când a fost plantat câmpul și pe tot parcursul sezonului de creștere. Indicele de vegetație ar fi calculat pentru fiecare imagine. Când sunt analizați acești indici de vegetație săptămânal, se va observa o strălucire în perioada de creștere. Apoi, spre toamnă, indicele scade până când se recoltează planta sau frunzele sunt moarte la sfârșitul sezonului. Efectul normalizator al indicilor face această comparație practică. Prin compararea mai multor câmpuri dintr-o regiune, pot fi identificate cele care prospera și cele care sunt afectate de diferiți dăunători. Acest tip de analiză ar putea fi, de asemenea, utilizat pentru a identifica câmpurile care au suferit daune provocate de furtunii.

#### **A. Indici de vegetație și soluri (Vegetation and soils indices)[55-61]**

**MSAVI** - Modified Soil Adjusted Vegetation Index - Indicele de vegetație modificat al solului încearcă să minimizeze efectul solului gol asupra indicelui SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index).

**RATIO** - Ratio Vegetation Index - Această tehnică se caracterizează prin aplicabilitate limitată pentru evaluarea vegetației și nu permite eliminarea efectelor gradului de accidentare al terenului și ale variațiilor unghiului de iluminare a soarelui, astfel încât imaginile de ieșire vor reflecta numai prezența vegetației verzi.

**NDVI** - Normalized Difference Vegetation Index - Indicele de vegetație cu diferență normalizată este un indice standardizat care permite generarea unei imagini care prezintă verdețea, cunoscută și sub denumirea de biomasă relativă. Acest indice utilizează contrastul caracteristicilor dintre două benzi dintr-un set de date raster multispectral - absorbția pigmentului de clorofilă în banda roșie și reflectivitatea ridicată a materialului vegetal în banda aproape infraroșu (NIR). Acest indice are valori între -1,0 și 1,0.

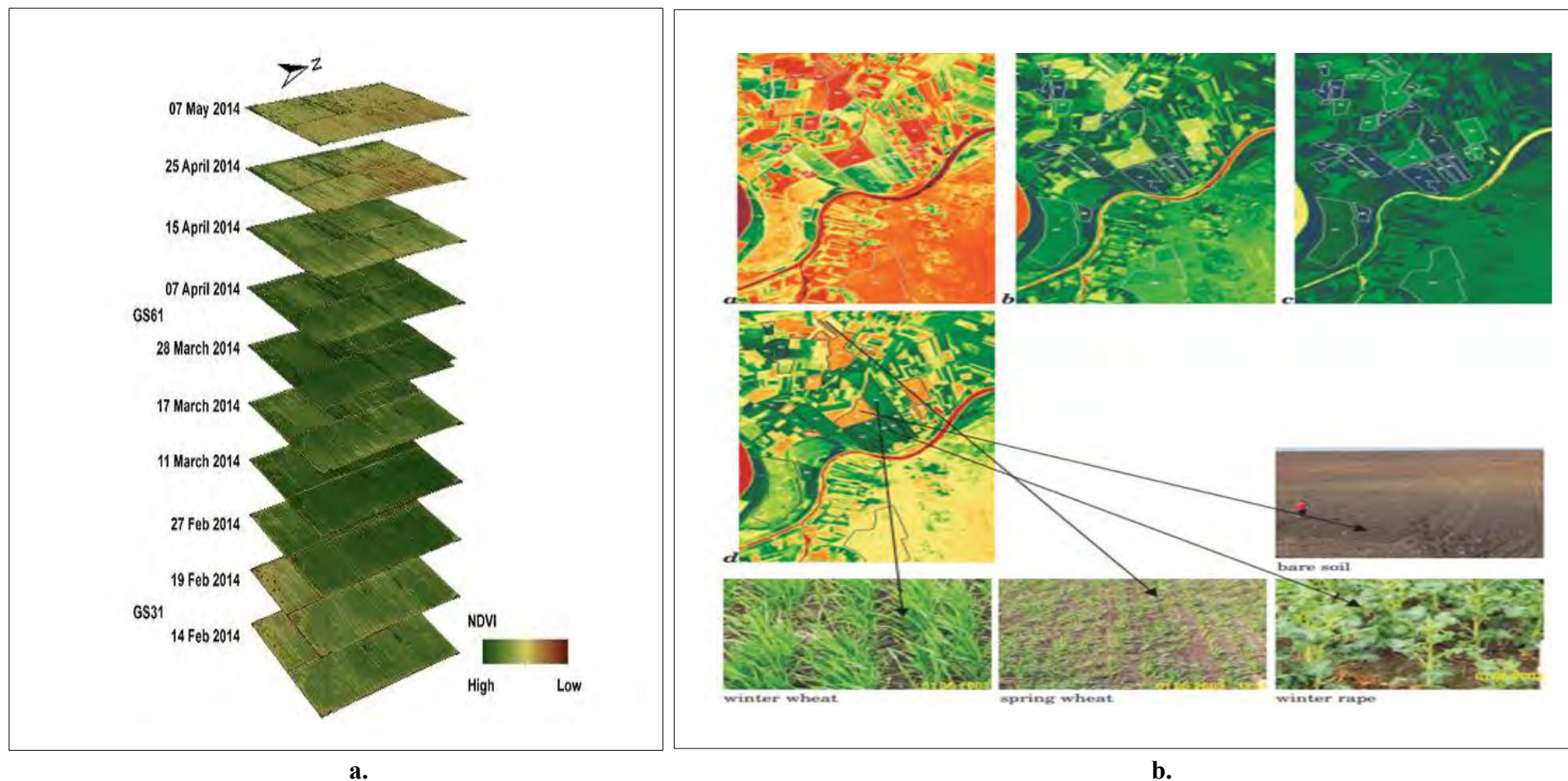
**TVI** - Transformed Vegetation Index - Indicele de vegetație transformată are ca scop eliminarea valorilor negative și transformarea histogramelor NDVI într-o distribuție normală.

**PVI** - Perpendicular Vegetation Index - Indicele de vegetație perpendiculară este similar cu un indice de vegetație diferit; cu toate acestea, este sensibil la variațiile atmosferice. Când se utilizează această metodă pentru a compara imagini diferite, aceasta trebuie utilizată numai pe imagini care au fost corectate atmosferic. Acest indice are valori între -1,0 și 1,0.

**SAVI** - Soil-Adjusted Vegetation Index - Indicele de vegetație ajustat al solului este un indice de vegetație care încearcă să minimizeze influențele luminozității solului folosind un factor de corecție a acestui fenomen. Aceasta este adesea folosită în regiunile aride unde acoperirea vegetativă este scăzută. Acest indice are valori între -1,0 și 1,0.

**TSAVI** - Transformed Soil Adjusted Vegetation Index - Indicele de vegetație ajustat al solului transformat este un indice de vegetație care încearcă să minimizeze influențele luminozității solului, presupunând că linia solului are o declivitate și o intercepție arbitrară.

**VARI** - Visible Atmospherically Resistant Index - Indicele rezistent la atmosferă vizibilă este conceput pentru a sublinia vegetația în porțiunea vizibilă a spectrului, reducând în același timp diferențele de iluminare și efectele atmosferice. Este ideal pentru imagini RGB sau color deoarece utilizează toate cele trei benzi de culori.



**Figura 6.25. a. Straturi de imagini NDVI pentru un câmp din Mexic (Sursa: STARS team, CIMMYT, Mexico)[60], b. RATIO (a), NDVI (b), TVI (c) și TSAVI2 (d) pentru data de 06.05.2003, imagini SPOT, Nordul Poloniei, râul Vistula și afluentul Nogat[61]**

**B. Indici de apă(Water indices)[55,62-66]**

**NDSI** - Normalized Difference Snow Index - Indicele de zăpadă cu diferență normalizată este proiectat să utilizeze date MODIS (banda 4 și banda 6) și Landsat TM (banda 2 și banda 5) pentru identificarea stratului de zăpadă, indiferent de acoperirea cu nori a suprafeței terestre. Deoarece este bazat pe o analiză de raport, reduce și efectele atmosferice.

**MNDWI** - Modified Normalized Difference Water Index - Indicele de apă pentru diferențe normalizate modificat utilizează benzi Green = pixel values from the green band(valori de pixeli pentru banda verde) și SWIR = pixel values from the short-wave infrared band(valorile pixelilor din banda infraroșie de undă scurtă) pentru îmbunătățirea definirii caracteristicilor apei. De asemenea, diminuează caracteristicile zonelor construite, care sunt adesea corelate cu apa în cazul altor indici.

**NDMI** - Normalized Difference Moisture Index - Indicele de umiditate cu diferențe normalizate este sensibil la nivelurile de umiditate din vegetație. Acesta este utilizat pentru a monitoriza secetele, precum și pentru a monitoriza nivelurile de material combustibil în zonele predispuse la foc. Utilizează benzile NIR = pixel values from the near infrared band(valorile pixelilor din banda aproape infraroșu) și SWIR pentru a crea un raport conceput pentru a atenua iluminarea și efectele atmosferice.

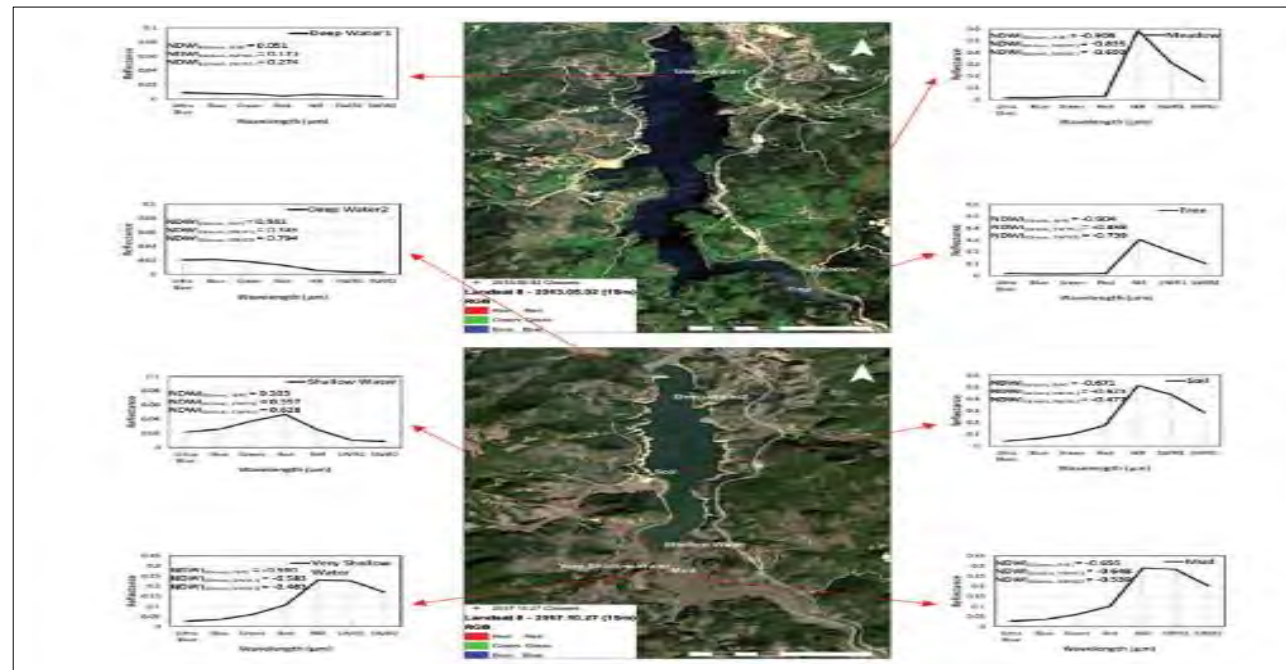


Figura 6.26. Semnătura spectrală cu indici ai apei, 02.05.2013 și 27.10.2017, Lansat – 8, Operational Land Imager(OLI), Turcia, zona asiatică[66]

### C. Indici de geologie[67-69]

**Clay Minerals** - Minerale argiloase, Raportul de argilă este un raport dintre benzile SWIR1 și SWIR2. Acest raport favorizează faptul că mineralele cum ar fi argilele, absorb radiații în porțiunea de 2,0-2,3 micrometri din spectru. Acest indice atenuează modificările de iluminare datorate terenului, deoarece este un raport SWIR1/SWIR2. SWIR1 = pixel values from the short-wave infrared 1 band (valorile pixelilor din banda 1 infraroșie cu undă scurtă), SWIR2 = pixel values from the short-wave infrared 2 band (valorile pixelilor din banda 2 infraroșie cu undă scurtă).

**Ferrous Minerals** - Minerale feroase, Raportul de minerale feroase evidențiază materialele purtătoare de fier. Folosește raportul dintre banda SWIR și banda NIR, Ferrous Minerals Ratio=SWIR/NIR.

**Iron Oxide** - Oxid de fier, Raportul de oxid de fier este un raport dintre lungimile de undă roșu și albastru. Prezența filozilicațiilor purtători de limonitici și alterarea oxidului de fier limonitic provoacă absorbția în banda albastră și reflectanța în banda roșie. Acest lucru face ca zonele cu o puternică modificare a fierului să fie luminoase. Natura raportului permite acestui indice să atenueze diferențele de iluminare cauzate de umbrirea terenului. Iron Oxide Ratio = Red / Blue, Red = pixel values from the red band, Blue = pixel values from the blue band.

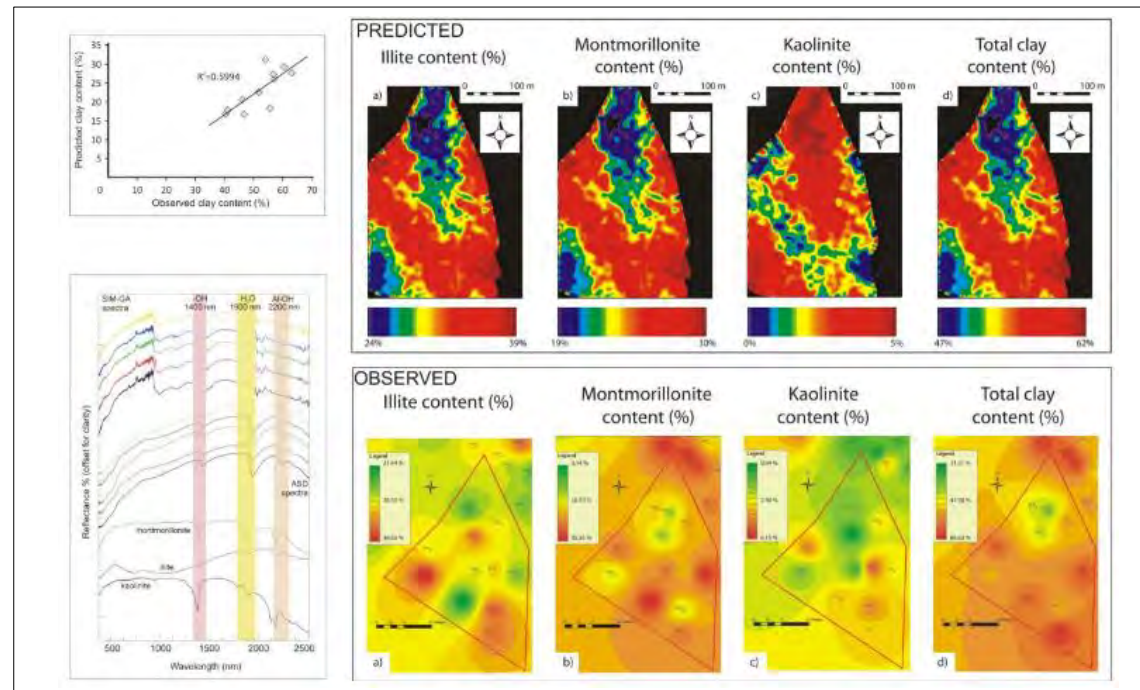


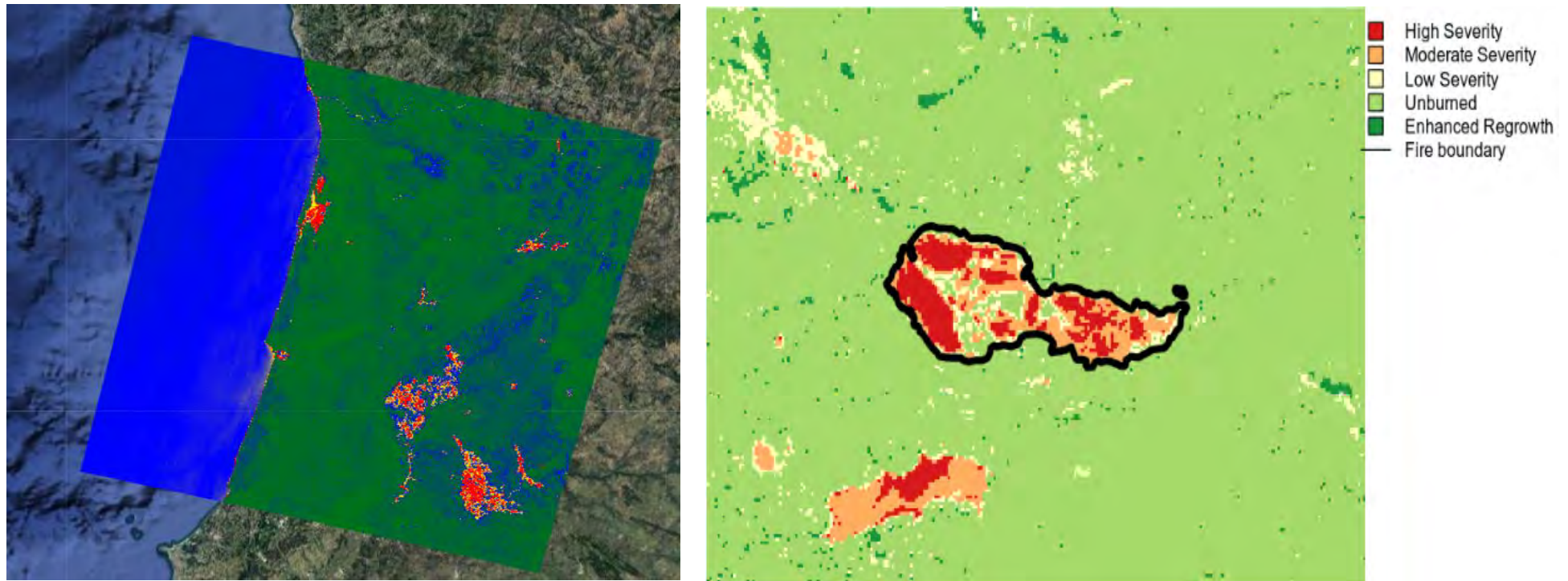
Figura 6.27. Detectarea Indicelui Clay Minerals, Comparație între hărțile prognozate derivate din imaginile hiperspectrale și hărțile obținute din interpolarea IDW a datelor de preluate de la sol, imagini alese dintr-un set de date hiperspectral de înaltă rezoluție spațială, achiziționate cu senzorul prototip Hyper SIM-GA aerian Selex Galileo[69]

**D. Indici de peisaj[70-74]**

**BAI** - Burn Area Index - Indicele ariei de ardere folosește valorile reflectanței în porțiunea roșie și NIR a spectrului pentru a identifica zonele terenului afectat de incendiu.  $BAI = 1/((0.1 - RED)^2 + (0.06 - NIR)^2)$ , Red = pixel values from the red band, NIR = pixel values from the near infrared band

**BNRI** - Normalized Burn Ratio Index - Indicele raportului de ardere normalizat folosește benzile NIR și SWIR pentru a evidenția zonele arse, reducând în același timp iluminarea și efectele atmosferice. Imaginile trebuie corectate la valorile reflectanței înainte de a utiliza acest index.  $BNR = (NIR - SWIR) / (NIR + SWIR)$ , NIR = valorile pixelilor din banda infraroșie aproape, SWIR = valorile pixelilor din banda infraroșie cu undă scurtă

**NDBI** - Normalized Difference Built-up Index - Indicele de diferență normalizat (NDBI) folosește benzile NIR și SWIR pentru a evidenția zonele construite de om. Este raportat bazat pe atenuarea efectelor diferențelor de iluminare a terenului, precum și a efectelor atmosferice.  $NDBI = (SWIR - NIR) / (SWIR + NIR)$ .



a.

b.

Figura 6.28. a. Indicele BAI pentru o zonă din Portugalia, imagini preluate de la Landsat-8[70], b. Indici BNRI - Landsat, pentru o zonă afectată de incendiu[71]

**Lista funcțiilor raster[75]**

Fila Imagerie oferă, de asemenea, acces la panoul Raster Functions, care conține multe funcții raster pentru a procesa și analiza imaginile și datele raster. Funcțiile raster permit definirea operațiilor de procesare care pot fi aplicate unuia sau mai multor rastery. Aceste funcții sunt aplicate datelor raster obținute de senzorii satelitelui din zbor, pe măsură ce datele sunt accesate și vizualizate. Aceasta înseamnă că pot fi aplicate rapid, fără timpul necesar pentru a crea un fișier procesat pe disc. Funcțiile raster sunt organizate într-un șablon de funcții Raster, permițând crearea diverse produse procesate prin încadrarea în mai multe funcții. Funcțiile raster globale pot fi înlănțuite împreună cu alte funcții, dar prelucrează datele la o rezoluție și o anvergură specificate. Funcțiile globale pot fi identificate prin pictograme. Funcționează în mod similar ca instrumentele de geoprocesare și chiar pot folosi setări de mediu specificate de utilizator. Pentru a afla mai multe despre acest lucru, a se consulta Funcțiile globale[76].

Toate funcțiile raster locale - mai mult de 100, din care în Tabelul 6.3. se prezintă, ca exemplificare cele care aparțin Funcției Analysis, suportă rastery multidimensionale ca intrări în timp ce Funcțiile globale nu le acceptă. Se pot modifica proprietățile unei funcții raster din fila General, inclusiv numele, descrierea, tipul de pixeli de ieșire și regulile multidimensionale.

**Tabelul 6.3. Funcția Analysis ca funcție Raster în ArcGIS[75]**

| Function name                               | Description   |
|---|---|
| <b>Binary Thresholding function</b>         | Divides your raster into two distinct classes using the Otsu method, which distinguishes between background and foreground in imagery by creating two classes with minimal intraclass variance.   |
| <b>Generate Trend</b>                       | Estimates the trend for each pixel along a dimension for a given variable in a multidimensional raster.   |
| <b>Heat Index function</b>                  | Calculates the apparent temperature, based on air temperature and humidity.   |
| <b>Kernel Density function</b>              | Calculates a magnitude-per-unit area from point or polyline features, using a kernel function to fit a smoothly tapered surface to each point or polyline.<br>An Image Analyst or Spatial Analyst license is required to use this function. |
| <b>NDVI function</b>                        | Calculates the Normalized Vegetation Differential Index (NDVI) values using the red and near-infrared bands.  |
| <b>NDVI Colorized function</b>              | Computes the NDVI from the input image and applies a color map to the result.   |
| <b>Predict Using Trend</b>                  | Generates a forecasted layer using the output from the Generate Trend function.   |
| <b>Process Raster Collection</b>            | Processes each slice in a multidimensional raster layer or each item in a mosaic layer.   |
| <b>Tasseled Cap Transformation function</b> | Provides standardized detection of man-made features, soil, and vegetation by measuring levels of brightness, vegetation, and wetness.  |
| <b>Weighted Overlay function</b>            | Overlays several rasters using a common measurement scale and weights each according to its importance.<br>A Spatial Analyst license is required to use this function.  |
| <b>Weighted Sum function</b>                | Weights and adds an array of rasters on a cell-by-cell basis.<br>An Image Analyst or Spatial Analyst license is required to use this function.  |
| <b>Wind Chill function</b>                  | Calculates the apparent temperature, based on air temperature and wind speed.   |

Celelalte funcții pot fi vizualizate accesând tutorialul <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/help/data/imagery/list-of-raster-functions.htm>[75]

Dacă sunt necesare instrumente suplimentare pentru a efectua o analiză specifică, se pot utiliza una sau mai multe extensii disponibile pentru a îmbunătăți activitatea în ArcMap, lista completă este prezentată în tabelul 6.4.[78]. Achiziționate și autorizate separat, extensiile se integrează perfect cu produsul de bază. Unele extensii îmbunătățesc analiza generală și productivitatea, în timp ce altele oferă soluții adaptate pentru anumite industrii. Extensiile compatibile cu ArcMap sunt enumerate mai jos, dar există și altele. Pentru o listă completă de extensii disponibile pentru toate produsele Esri, se poate consulta pagina Produse Esri: <https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/index>[77].

**Tabelul 6.4. Funcțiile și extensiile ArcMap[78]**

| Function | Extension                                   | Extended capabilities  |
|----------|---|--|
| Analysis | <b>ArcGIS 3D Analyst extension</b>          | <p>Three-dimensional visualization and analysis; includes ArcGlobe and ArcScene applications. Also includes terrain data management and geoprocessing tools.</p> <p>ArcGIS 3D Analyst extension extends ArcGIS to be a fully functioning 3D GIS system. It allows you to view, manage, analyze, and share your 3D GIS data.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• View huge volumes of 3D GIS data in a global view using ArcGlobe, or view site-level data in a local coordinate system using ArcScene.</li> <li>• Manage 3D GIS data by editing features directly inside ArcGlobe or ArcScene, and add 3D components to 2D data through geoprocessing tools.</li> <li>• Analyze GIS data in three dimensions using geoprocessing tools, and use interactive tools in a 3D view.</li> <li>• Share 3D views of GIS data by publishing Globe Services and share 3D analytic tools through geoprocessing services.</li> </ul> |
|          | <b><u>ArcGIS Geostatistical Analyst</u></b> | Advanced statistical tools for surface generation and analyzing and mapping continuous datasets. Exploratory spatial data analysis tools provide insights about your data distribution, global and local outliers, global trends, level of spatial autocorrelation, and variation among multiple datasets.   |
|          | <b>ArcGIS Network Analyst extension</b>     | <p>Perform advanced routing and network analysis supporting</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Drive-time analysis</li> <li>• Point-to-point routing</li> <li>• Fleet routing</li> <li>• Route directions</li> <li>• Service area definition</li> <li>• Shortest path analysis</li> <li>• Optimum route analysis</li> <li>• Closest facility analysis</li> <li>• Origin-destination analysis</li> <li>• Location-allocation analysis</li> <li>• Gravity or Huff models</li> </ul>  |
|          | <b><u>ArcGIS Schematics</u></b>             | <p>Generate, visualize, and manipulate diagrams from network data coming from a geodatabase or any data that has explicit attributes showing connectivity. You can do the following:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Use a number of schematic representations: geographic, geoschematic, and schematic.</li> </ul>   |

|              |  |  |
|--------------|--|--|
|              |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Generate schematics from complex networks.</li> <li>• Check network connectivity.</li> <li>• Perform quality control of network data.</li> <li>• Visualize both logical and physical connectivity.</li> <li>• Monitor network status.</li> <li>• Evaluate network forecast and planning (modeling, simulation, comparative analysis).</li> <li>• Visualize nonspatial, connected data.</li> <li>• Model social networks.</li> <li>• Generate flowcharts.</li> </ul>   |
|              | <a href="#">ArcGIS Spatial Analyst extension</a> | A broad range of powerful raster modeling and analysis features allow you to create, query, map, and analyze cell-based raster data. ArcGIS Spatial Analyst extension also allows integrated raster-vector analysis and adds more than 170 tools to the ArcGIS geoprocessing framework.  |
|              | <a href="#">ArcGIS Tracking Analyst</a>          | <p>Designed for mapping objects that move or change status through time, Tracking Analyst gives you the power to do the following:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bring geographic data containing dates and times (temporal data) to life by adding it to a map as a tracking layer.</li> <li>• Track objects in real time. Tracking Analyst supports network connections to Global Positioning System (GPS) units and other tracking and monitoring devices so you can map your data in real time.</li> <li>• Symbolize temporal data using time windows and other specialized options for viewing data that changes through time.</li> <li>• Play back temporal data using Tracking Analyst Playback Manager. Data can be played back at different speeds in forward and reverse.</li> <li>• Analyze patterns in temporal data by creating data clocks.</li> <li>• Create and apply actions on temporal data.</li> <li>• Create animations of your data using the Tracking Analyst Animation tool.</li> <li>• View tracking data in 3D using ArcGlobe.</li> </ul> |
| Productivity | <a href="#">ArcGIS Data Interoperability</a>     | Directly read and employ more than 100 common GIS vector data formats, including many of the evolving GML specifications. In addition, GIS data can be delivered in a variety of formats. For example, data sources, such as advanced computer-aided design (CAD) datasets with extended entity attributes, MapInfo datasets, Intergraph GeoMedia datasets, and various GML files, can be accessed, displayed, and used directly in ArcGIS. Deliver GIS data to others in a variety of vector data formats (more than 70 supported formats). At the 10 release, the ArcGIS Data Interoperability extension is a separate setup available on the ArcGIS Desktop media.  |
|              | <a href="#">ArcGIS Data Reviewer</a>             | Analyze and validate data with a variety of checks that allow you to check for both spatial and attribution conditions. Additionally, you can also sample data, validate metadata values against a schema, and check valency on network features. The results of the analysis or validation are stored in a table, where you can update the correction or verification status.   |
|              | <a href="#">ArcScan for ArcGIS</a>               | Perform raster-to-vector conversion tasks on scanned documents, including raster editing, raster snapping, manual raster tracing, and batch vectorization.   |
|              | <a href="#">ArcGIS Publisher</a>                 | Publish data, maps, and globes authored using ArcGIS Desktop. With ArcMap and ArcGlobe, you can author interactive maps and globes, publish them with ArcGIS Publisher, and share them via <a href="#">ArcReader</a> .   |
|              | <a href="#">ArcGIS Workflow Manager</a>          | <p>Manage business process as workflows in a consistent manner and maintain accountability:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Create standardized workflows</li> <li>• Simplify spatial data management and editing</li> <li>• Create jobs and assign to appropriate personnel</li> </ul>   |



|                 |  |  |
|-----------------|--|--|
|                 |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Automate tasks and processes using models and scripts</li> <li>• Track work progress with reports, charts and historical job information</li> <li>• Communicate about important job and spatial data events automatically</li> <li>• Store all job information in a single repository</li> </ul>  |
| <b>Solution</b> | <b>ArcGIS for Aviation</b>             | <p>Efficiently manage aeronautical information, products, and integrated workflows to generate navigational products compliant with aviation standards.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Geoprocessing tools that allow you to create obstruction identification surfaces based on FAA FAR 77, ICAO Annex 14, and ICAO Annex 15 standards.</li> <li>• Generate specialized surround elements for aeronautical charts.</li> <li>• Create aeronautical features with the Feature Builder and other tools.</li> </ul>   |
|                 | <b>ArcGIS for Maritime: Bathymetry</b> | <p>Manage post-processed bathymetric data and metadata. You can leverage the central geodatabase, referred to as the Bathymetric Information System (BIS), to interact with and manage large volumes of raster data and selected soundings on an ArcGIS Desktop platform. The extension provides a simple interface for:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Referencing externally stored raster data from a mosaic dataset</li> <li>• Managing survey, dataset, and any custom metadata</li> <li>• Extracting points from the BIS geodatabase that are linked to their original datasets</li> <li>• Filtering and visualizing raster data within ArcMap</li> <li>• Generating custom surfaces from rasters</li> </ul> |
|                 | <b>ArcGIS for Maritime: Charting</b>   | <p>Manage hydrographic information and products to generate electronic, hard-copy, and raster navigational products that are compliant with standards. The following can be produced using the Nautical Solution:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Electronic Navigational Charts (ENC)</li> <li>• Additional Military Layers (AML)</li> <li>• Marine Information Overlays (MIO)</li> <li>• Inland Electronic Navigational Charts (IENC)</li> <li>• Digital Nautical Charts (DNC)</li> <li>• Paper charts and river books</li> </ul>   |
|                 | <b>ArcGIS Pipeline Referencing</b>     | <p>Manage linear referencing data for pipeline organizations with the support of the following:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• LRS information model</li> <li>• Network and event loading tools</li> <li>• Network editing</li> <li>• Geoprocessing tools</li> <li>• Web services</li> </ul>   |
|                 | <b>Esri Defense Mapping</b>            | <p>Produce data and maps that comply with several standards using specialized editing and extraction tools. Data specifications that are supported include the following:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Image City Map (ICM)</li> <li>• Geobase</li> <li>• GeoFidelis</li> <li>• Geonames</li> </ul>  |

|  |                                |  |
|--|--------------------------------|--|
|  |                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Multinational Geospatial Co-Production Program (MGCP)</li> <li>• Stereo Airfield Collection (SAC)</li> <li>• Topographic Data Store (TDS)</li> <li>• Theatre Geospatial Database</li> <li>• Vector Map Levels 0-2</li> </ul>  |
|  | <b>Esri Production Mapping</b> | <p>Facilitate large-scale data production with tools that support data creation, maintenance, validation, and cartographic production.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Transfer data between data models and formats using a cross-reference database.</li> <li>• Capture data using standard and composite templates.</li> <li>• Manage business rules and large-scale cartographic production in the product library.</li> <li>• Validate and analyze data using spatial and geodatabase checks.</li> </ul> |
|  | <b>Esri Roads and Highways</b> | <p>Manage linear referencing data for transportation with the support of the following:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Integration with external system event data</li> <li>• Communication of LRS updates through redlining</li> <li>• LRS Network management</li> <li>• Event location management</li> <li>• Support for multiple linear referencing methods</li> <li>• Platform for reporting</li> <li>• Quality control</li> <li>• Workflow orchestration</li> </ul>                                     |

### 6.5.3. PCI (EASI PACE)

Programul de procesare a imaginilor PCI Geomatics „EASI / PACE” este un pachet de procesare a imaginilor, precum și un pachet software. Oferă capacități fundamentale de procesare a imaginilor, cum ar fi aritmetica imaginii, mai multe tipuri de filtrare, corectarea și îmbunătățirea radiometrică și transformarea intensității nuanțelor și transformărilor inverse. Sunt acceptate filtre medii, mod, detecție de margine, Gaussian și mediu ponderat. Tehnicile de compresie a imaginii sunt incluse în acest pachet. Imaginile pot fi mozaicate și amestecate de-a lungul liniilor tăiate arbitrar și potrivite histogramei. Facilitatea de corectare a atmosferei (AC) corectează radiometric imaginile LANDSAT TM, MSS și SPOT pentru efecte atmosferice. Image Map Kit (IMK) creează imagini de calitate, vector și hărți tematice. Este acceptată amplasarea și dimensionarea interactivă a componentelor hărții, precum legendele, marcasele, grilele, barele de scară și etichetele. Setul de analiză multispectrală extinde capacitățile utilizatorului utilizând imagini cu mai multe benzi pentru a ajuta la identificarea caracteristicilor de pe pământ. De asemenea, conține capacități extinse pentru efectuarea clasificării supravegheate și nesupravegheate, utilizând probabilitatea maximă.

**Bibliografie Cursul 6**

- [1]. <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:hZCGjOAh7oMJ:www.geog.leeds.ac.uk/courses/level2/geog2750/Lecture4.doc+&cd=13&hl=ro&ct=clnk&gl=ro>
- [2]. Lillesand, T.M., and Kiefer, R.W., 2000. Remote sensing and image interpretation. Chapter 7, pages 477-482 (Gives a short general coverage of only radiometric pre-processing).
- [3]. Campbell, J.B., 1996. Introduction to remote sensing. Chapters 10, pages 292-299 (Again a rather general description but readable).
- [5]. Mather, P.M., 1999. Computer processing of remotely-sensed images. Chapter 4, pages 87-95 (Excellent readable coverage, including terrain correction which is not covered in the lecture).
- [6]. IUPAC, Compendium of Chemical Terminology, 2nd ed. (the "Gold Book") (1997). Online corrected version: (2006–) "Absorbance". doi:10.1351/goldbook.A00028
- [7]. [http://gsp.humboldt.edu/OLM/Courses/GSP\\_216\\_Online/lesson2-1/scatter.html](http://gsp.humboldt.edu/OLM/Courses/GSP_216_Online/lesson2-1/scatter.html)
- [8]. <http://environment.inoe.ro/article/43/automatic-sun-tracking-photometer>
- [9]. [http://support.cimel.fr/photo/pdf/ce318\\_us.pdf](http://support.cimel.fr/photo/pdf/ce318_us.pdf)
- [10]. <https://www.google.com/search?q=Atmospheric%2C+radiometric%2C+geometric+corrections.&oq=Atmospheric%2C+radiometric%2C+geometric+corrections.&aqs=chrome..69i57j33.1429j0j8&sourceid=chrome&ie=UTF-8>
- [11]. <http://www.umiacs.umd.edu/labs/GC/atmo/>
- [12]. Potter, J. F.; Mendolowitz, M. (1975). On the determination of the haze levels from Landsat data. 10th International Symposium on Remote Sensing of Environment. NASA United States. pp. 695–703. 19760052102.
- [13]. Switzer, P.; Kowalik, W. S.; Lyon, R. J. (1981). "Estimation of atmospheric path radiance by the covariance matrix method". Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. 47: 1469–1476.
- [14]. Potter, J. F. (1984). "The channel correlation method for estimating aerosol levels from multispectral scanner data". Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. 50: 43–52.
- [15]. Singh, S. M.; Cracknell, A. P. (1986). "The estimation of atmospheric effects for SPOT using AVHRR channel-1 data". International Journal of Remote Sensing. 7 (3): 361–377.
- [16]. Chavez, P. S. (1988). "An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data". Remote Sensing of Environment. 24: 459–479.
- [17]. Chavez, P. S. (1989). "Radiometric calibration of Landsat Thematic Mapper multispectral images". Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. 55 (9): 1285–1294.
- [18]. Lavreau, J. (1991). "De-hazing Landsat Thematic Mapper images". Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. 57 (10): 1297–1302.
- [19]. Holben, B.; Vermote, E.; Kaufman, Y. J.; Tanre, D.; Kalb, V. (1992). "Aerosol retrieval over land from AVHRR data - application for atmospheric correction". IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. 30 (2): 212–222.

- [20]. Wrigley, R. C.; Spanner, M. A.; Slye, R. E.; Poeschel, R. F.; Aggarwal, H. R. (1992). "Atmospheric correction of remotely sensed image data by a simplified model". *Journal of Geophysical Research*. 97 (D17): 18797–18814.
- [21]. Moran, M. S.; Jackson, R. D.; Slater, P. N.; Teillet, P. M. (1992). "Evaluation of simplified procedures for retrieval of land surface reflectance factors from satellite sensor output". *Remote Sensing of Environment*. 41: 169–184.
- [22]. Teillet, P. M.; Fedosejevs, G. (1995). "On the dark target approach to atmospheric correction of remotely sensed data". *Canadian Journal of Remote Sensing*. 21 (4): 374–387.
- [23]. Richter, R. (1996). "A spatially adaptive fast atmospheric correction algorithm". *International Journal of Remote Sensing*. 17 (6): 1201–1214.
- Chavez, P. S. Jr. (1996). "Image-based atmospheric corrections-revisited and improved". *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. 62 (9): 1025–1036.
- [24]. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11430-012-4413-4>
- [25]. [www.geog.leeds.ac.uk > level2 > geog2750](http://www.geog.leeds.ac.uk/level2/geog2750)
- [26]. [http://gsp.humboldt.edu/olm\\_2016/courses/GSP\\_216\\_Online/lesson4-1/radiometric.html](http://gsp.humboldt.edu/olm_2016/courses/GSP_216_Online/lesson4-1/radiometric.html)
- [27]. <https://earthexplorer.usgs.gov/>
- [28]. <http://wtlab.iis.u-tokyo.ac.jp/wataru/lecture/rsgis/rsnote/cp9/cp9-1.htm>
- [29]. <https://eo.belspo.be/en/geometric-and-radiometric-corrections>
- [30]. <https://geomassive.blogspot.com/2016/12/lab-2-geometric-correction-remote.html>
- [31]. <https://www.hexagongeospatial.com/products/power-portfolio/erdas-imagine/erdas-imagine-remote-sensing-software-package>
- [32]. <http://www.nr.usu.edu/Geography-Department/rsgis/RSCC/v6.2/6-2.html>
- [33]. H. Murai & S. Omatu (1997) Remote sensing image analysis using a neural network and knowledge-based processing, *International Journal of Remote Sensing*, 18:4, 811-828, DOI: 10.1080/014311697218773
- [34]. <http://nathansylterremotesensing.blogspot.com/2016/11/geometric-correction.html>
- [35]. <https://www.theotop.ro/en/THE-PROCESSING-OF-SATELLITE-IMAGES-C2/>
- [36]. [http://web.ipac.caltech.edu/staff/fmasci/home/astro\\_refs/Digital\\_Image\\_Processing\\_2ndEd.pdf](http://web.ipac.caltech.edu/staff/fmasci/home/astro_refs/Digital_Image_Processing_2ndEd.pdf)
- [37]. <http://www.wamis.org/agm/pubs/agm8/Paper-5.pdf>
- [38]. <https://www.geeksforgeeks.org/components-of-image-processing-system/>
- [39]. <https://trybe.one/digital-processing-of-satellite-images/>
- [40]. <https://crisp.nus.edu.sg/~research/tutorial/process.htm>
- [41]. [https://community.hexagongeospatial.com/hmrkh95973/attachments/hmrkh95973/KS\\_ERDAS\\_IMAGINE\\_Release\\_Information/7/1/ERDAS\\_IMAGINE\\_2014\\_Release\\_Notes.pdf](https://community.hexagongeospatial.com/hmrkh95973/attachments/hmrkh95973/KS_ERDAS_IMAGINE_Release_Information/7/1/ERDAS_IMAGINE_2014_Release_Notes.pdf)
- [42]. <https://gisgeography.com/erdas-imagine/>
- [43]. <https://community.hexagongeospatial.com/t5/IMAGINE-Discussions/Working-with-LiDAR-data/m-p/16855>
- [44]. <https://www.usgs.gov/media/images/spectral-characteristics-viewer>
- [45]. <https://geospatial.trimble.com/products-and-solutions/ecognition>
- [46]. [http://web.pdx.edu/~nauna/resources/8-2012\\_lecture1-vegetationindicies.pdf](http://web.pdx.edu/~nauna/resources/8-2012_lecture1-vegetationindicies.pdf)

- [47]. <https://land.copernicus.eu/global/products/ndvi>
- [48]. <https://gisgeography.com/wp-content/uploads/2016/07/Radar-Magnitude.png>
- [49]. <https://gisgeography.com/wp-content/uploads/2016/07/SpatialModelEditor.png>
- [50]. <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/analyze/modelbuilder/what-is-modelbuilder.htm>
- [51]. <https://www.safe.com/>
- [52]. [https://www.virginiaview.cnre.vt.edu/tutorial/RS\\_in\\_ArcGIS\\_AllChapters.pdf](https://www.virginiaview.cnre.vt.edu/tutorial/RS_in_ArcGIS_AllChapters.pdf)
- [53]. <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/help/data/imagery/get-started-with-image-and-raster-processing.htm>
- [54]. <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/help/data/imagery/process-gallery.htm>
- [55]. <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/help/data/imagery/indices-gallery.htm>
- [56]. Qi, J. et al., 1994, "A modified soil vegetation adjusted index," *Remote Sensing of Environment*, Vol. 48, No. 2, 119–126.
- [57]. Huete, A. R., 1988, "A soil-adjusted vegetation index (SAVI)," *Remote Sensing of Environment*, Vol 25, 295–309.
- [58]. Baret, F. and G. Guyot, 1991, "Potentials and limits of vegetation indices for LAI and APAR assessment," *Remote Sensing of Environment*, Vol. 35, 161–173.
- [59]. Gitelson, A., et al. "Vegetation and Soil Lines in Visible Spectral Space: A Concept and Technique for Remote Estimation of Vegetation Fraction." *International Journal of Remote Sensing* 23 (2002): 2537–2562.
- [60]. <https://www.stars-project.org/en/knowledgeportal/magazine/potential-uses-of-remote-sensing-in-smallholder-context/monitoring-crop-growth-and-performance/vegetation-indices/>
- [61]. [http://www.uwm.edu.pl/wnt/technicalsc/ts7\\_2004/4\\_7\\_2004.pdf](http://www.uwm.edu.pl/wnt/technicalsc/ts7_2004/4_7_2004.pdf)
- [62]. Riggs, G., D. Hall, and V. Salomonson. "A Snow Index for the Landsat Thematic Mapper and Moderate Resolution Imaging Spectrometer." *Geoscience and Remote Sensing Symposium, IGARSS '94, Volume 4: Surface and Atmospheric Remote Sensing: Technologies, Data Analysis, and Interpretation* (1994), pp. 1942-1944.
- [63]. Xu, H. "Modification of Normalised Difference Water Index (NDWI) to Enhance Open Water Features in Remotely Sensed Imagery." *International Journal of Remote Sensing* 27, No. 14 (2006): 3025-3033.
- [64]. Wilson, E.H. and Sader, S.A., 2002, "Detection of forest harvest type using multiple dates of Landsat TM imagery." *Remote Sensing of Environment*, 80 , pp. 385-396.
- [65]. Skakun, R.S., Wulder, M.A. and Franklin, .S.E. (2003). "Sensitivity of the thematic mapper enhanced wetness difference index to detect mountain pine beetle red-attack damage." *Remote Sensing of Environment*, Vol. 86, Pp. 433-443
- [66]. <http://www.pjoes.com/Water-Body-Detection-Analysis-Using-NDWI-nIndices-Derived-from-Landsat-8-OLI,110447,0,2.html>
- [67]. Amro F. Alasta, "Using Remote Sensing data to identify iron deposits in central western Libya." *International Conference on Emerging Trends in Computer and Image Processing (ICETCIP'2011) Bangkok Dec., 2011.*
- [68]. Segal, D. "Theoretical Basis for Differentiation of Ferric-Iron Bearing Minerals, Using Landsat MSS Data." *Proceedings of Symposium for Remote Sensing of Environment, 2nd Thematic Conference on Remote Sensing for Exploratory Geology, Fort Worth, TX (1982): pp. 949-951.*
- [69]. <https://www.semanticscholar.org/paper/DETECTING-CLAY-MINERALS-IN-SOILS-THROUGH-REMOTE-GarfagnoliCiampalini/38d4ad53369761c354a08bae26b8dee4d3224724/figure/1>

[70]. <https://mygeoblog.com/2019/01/06/bai/>

[71]. <https://www.earthdatascience.org/courses/earth-analytics/multispectral-remote-sensing-modis/normalized-burn-index-dNBR/>

[72]. Chuvieco, E., M. Pilar Martin, and A. Palacios. "Assessment of Different Spectral Indices in the Red-Near-Infrared Spectral Domain for Burned Land Discrimination." *Remote Sensing of Environment* 112 (2002): 2381-2396.

[73]. Key, C. and N. Benson, N. "Landscape Assessment: Remote Sensing of Severity, the Normalized Burn Ratio; and Ground Measure of Severity, the Composite Burn Index." FIREMON: Fire Effects Monitoring and Inventory System, RMRS-GTR, Ogden, UT: USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station (2005).

[74]. Zha, Y., J. Gao, and S. Ni. "Use of Normalized Difference Built-Up Index in Automatically Mapping Urban Areas from TM Imagery." *International Journal of Remote Sensing* 24, no. 3 (2003): 583-594.

## 7. Georeferențierea

La începutul capitolului anterior afirmam că imaginile de teledeteție preluate din satelit, nu pot fi utilizate așa cum sunt transmise, fiind necesare o serie de forme de procesare. În acest context, sunt prezentate în continuare alte operațiuni necesare pentru a face utile aceste informații satelitare.

### 7.1. Definire, Noțiuni generale

Fiecare imagine fotografică sau grafică-cartografică-topografică(plan sau hartă) are un sistem de coordonate propriu. În cazul imaginilor fotografice sistemul de coordonate al imaginii este format din coloanele și liniile de pixeli începând cu cel din stânga sus, numerotate de sus în jos și de la stânga la dreapta. Georeferențierea unei imagini presupune aducerea acesteia într-un sistem de coordonate predefinit. Cartografic, este o operație de translație și/sau rotație a sistemului menționat de coordonate al imaginii față de sistemul de coordonate utilizat în operațiunile viitoare, de regulă, pentru România, sistemul de proiecție stereografică 1970 și de cote cu referite la Marea Neagră. Problema se rezumă la rezolvarea unor sisteme de ecuații și aflarea unor coeficienți care se aplică fiecărui pixel al imaginii pentru a-l face să corespundă unei anumite poziții geografice, definite prin coordonate carteziene, geodezice sau/și geografice[1,2].

### 7.2. Georeferențierea unei hărți scanate

Georeferențierea unei hărți sau a oricărei imagini a unei suprafețe terestre, se poate realiza prin mai multe metode atașate la diferite softuri, gratuite, low-cost sau care pot fi achiziționate sau închiriate, toate având însă versiuni free trial de regulă de 30 de zile, pentru a putea fi încercate și cunoscute. Prezentăm în continuare cea mai utilizată metode/software, prin care o să parcurgem, etapă de etapă georeferențierea unei hărți topografice.

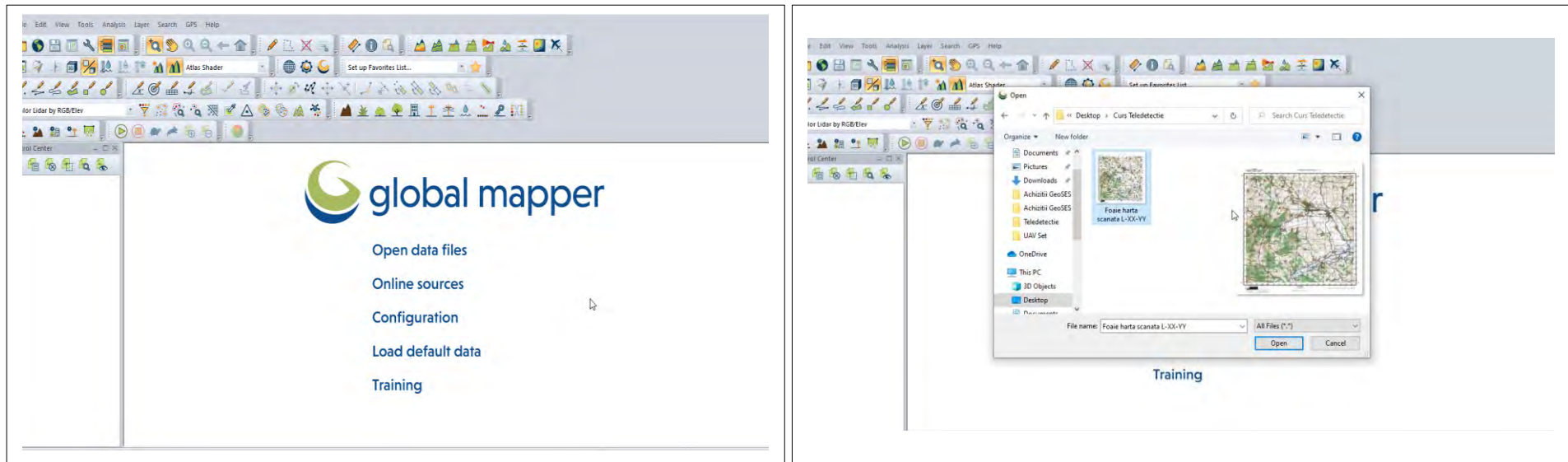
#### A. Georeferențierea cu Global Mapper v21.1 32-bit de la Blue Marble Geographics

Global Mapper poate fi considerat un element indispensabil pentru oricine lucrează cu hărți sau date spațiale, deoarece prezintă mai multe facilități printre care[3]:

- Suporta mai mult de 300 de formate de date spațiale,
- Oferă o suită completă de instrumente de creare și editare a datelor,
- Oferă posibilitatea de vizualizare și analiză 3D,
- Oferă o colecție extinsă de instrumente de analiză și prelucrare a datelor,
- Oferă suport pentru fiecare format de fișier spațial cunoscut, precum și acces direct la bazele de date spațiale comune, iar prin această aplicație se pot citi, scrie și analiza practic toate datele spațiale,
- Global Mapper include o suită completă de funcții de creare și editare a datelor de tip raster și vector care oferă rectificarea și vectorizarea imaginilor,

- Global Mapper Software-ul include, de asemenea, numeroase funcții de editare a atributelor, precum și afișare intuitivă a datelor și capacități de mapare tematică.

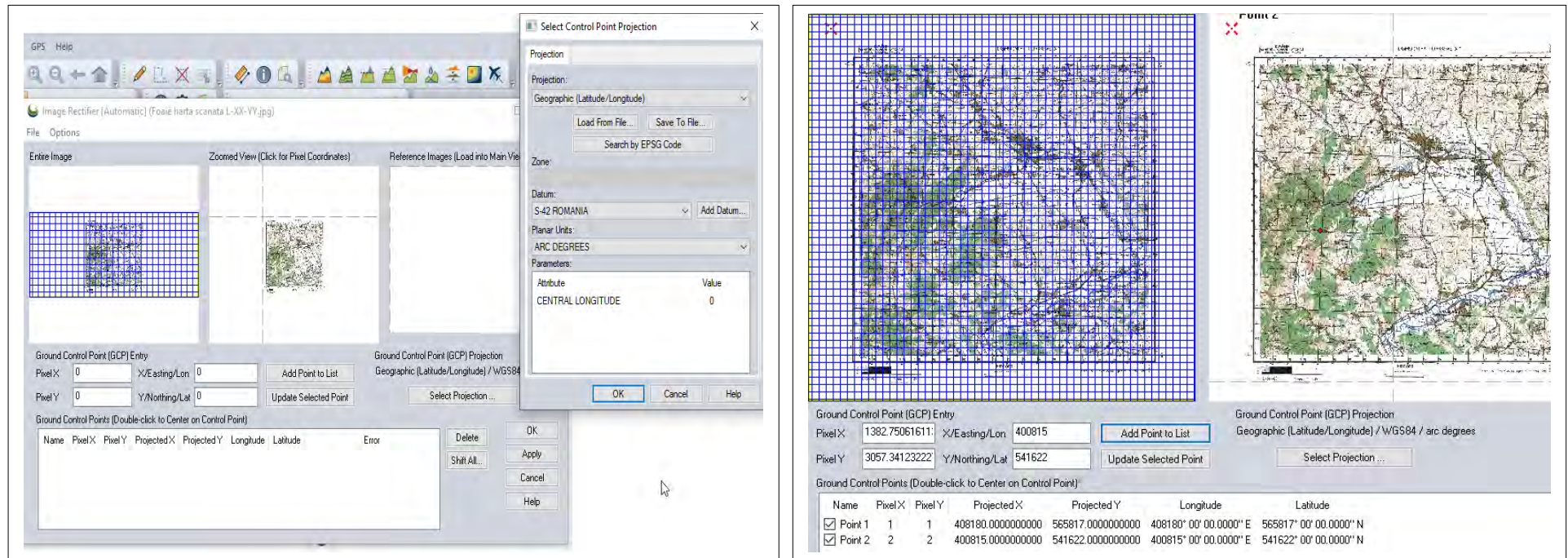
Istoria softului Global Mapper produs de Blue Marble Geographics, începe în anul 2001, odată cu lansarea versiunii 4.27 și a evoluat până în prezent, când în februarie 2020 s-a lansat versiunea v21.1 32-bit și v21.1 64 bit. Se vor prezenta în cele ce urmează pașii ce trebuie parcurși pentru georeferențierea unei foi de hartă scanată, realizabili cu Global Mapper v21.1 32-bit. Este necesară logarea în linkul [https://www.blumarblegeo.com/login.php?return\\_url=204](https://www.blumarblegeo.com/login.php?return_url=204) și apoi din linkul <https://www.blumarblegeo.com/products/global-mapper-download.php> se poate descărca, în versiunea dorită de 32 sau 64 bit, softul pentru o perioadă de testare, după care se poate achiziționa sau închiria. După descărcare și deschidere se obține pe ecranul calculatorului următoarea imagine (Figura 7.1.a.). Se dă un clic pe Open data file, și apare posibilitatea de a încărca foaia de hartă dorită dintr-un folder al calculatorului folosit (Figura 7.1.b.). Imediat după încărcare apare o fereastră prin care se poate introduce sistemul de proiecție ales, în acest caz S-42 România, corespunzător proiecției Stereo 1970, Elipsoid Krasovski 1942 (Figura 7.2.a.). Se observă că în partea de jos a ecranului este o zonă în care pot fi introduse coordonatele punctelor de control (Figura 7.2.b.), în acest caz am introdus intersecția a două linii de caroiaj de coordonate cunoscute. Așa cum s-a mai precizat, georeferențierea este o operație de transcalcul (translație și/sau rotație) a sistemului de coordonate intern al imaginii în noul sistem de coordonate, în acest caz S-42 România. Aplicația oferă posibilitatea selectării tipului de transformare-transcalcul, care depinde de numărul de puncte oferite ca input. Astfel [1]: pentru o transformare liniară este nevoie de minim 2; pentru o transformare afină minim 3 puncte de control; pentru o transformare polinomială minim 4; pentru o transformare prin triangulație minim 5 puncte de control.



**Figura 7.1. Capturi ecran soft Global Mapper v21.1 32-bit, a. Ecran pornire, b. Încărcarea în soft a foi de hartă scanate**



Softul permite prin fereastra Options, alegerea metodei de transformare-transcalcul(Figura 7.3). Dacă suntem într-o situație similară celei analizate, din practică s-a constatat că sunt necesare 4 puncte de control, alese cu ușurință la intersecția unor linii de caroiaj, dar alese din cele patru cadrane.



a.

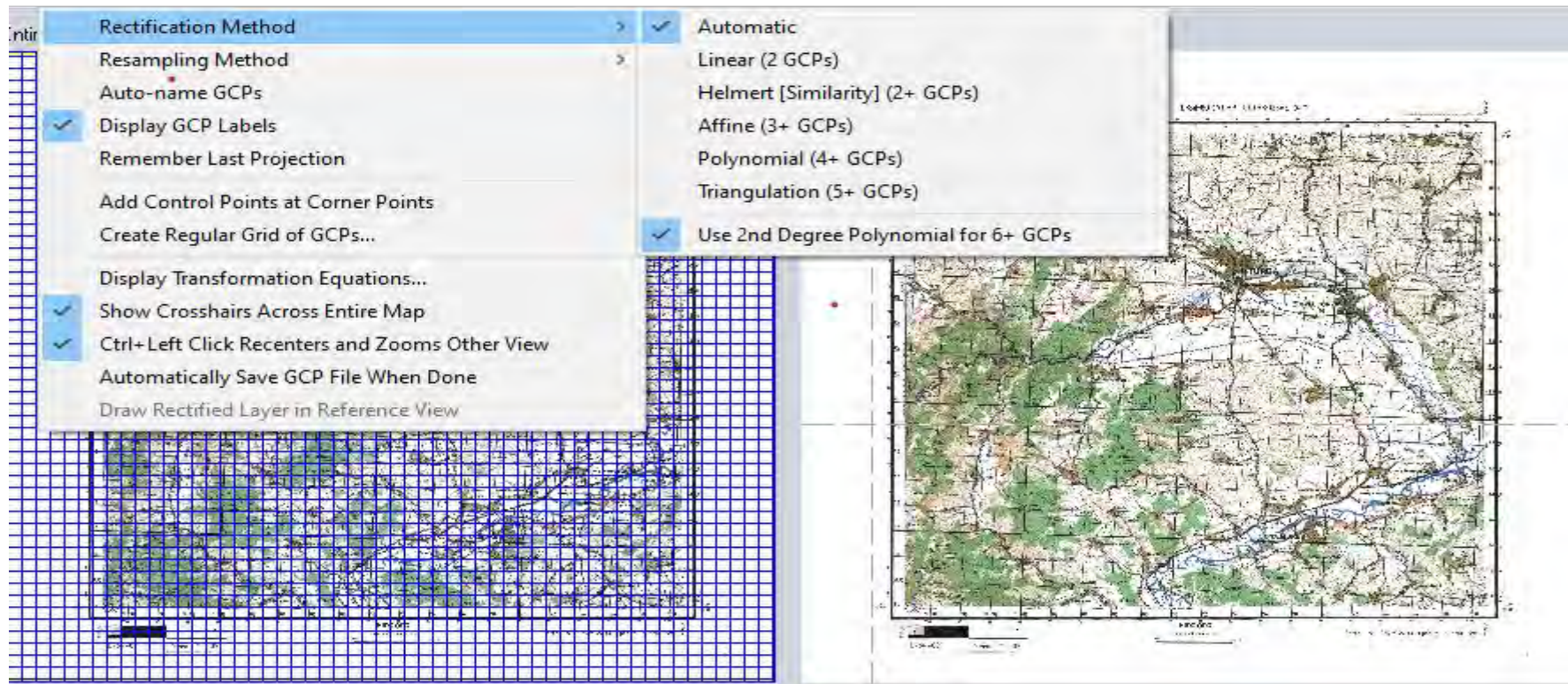
b.

**Figura 7.2. Capturi ecran soft Global Mapper v21.1 32-bit, Fereastra de georeferențiere, a. Alegerea sistemului de proiecție, b. Introducerea coordonatelor punctelor de control(Ground Control Point)**

După alegerea și a celorlalte două puncte, după criteriul menționat, imaginea este georeferențiată. Prin confirmarea operațiunii de georeferențiere[1], dând pe OK, imaginea se încarcă în fereastra principală a programului, care a stocat intern toate informațiile privind georeferențierea. Este nevoie ca acestea să se salveze pe disc, într-un fișier separat, pentru ca imaginea să poată fi recunoscută ca georeferențiată și de către aplicațiile GIS. Pentru a utiliza în continuare harta georeferențiată se parcurg următoarele etape[1-5]:

- Se va exporta imaginea în același format, .jpg, dar cu o altă denumire;
- Se face click pe File, apoi Raster and Elevation Data, apoi Export JPG;

- Se bifează în fereastra care prezintă opțiunile pentru salvarea imaginii: Always Generate Square Pixels și Generate World File. Acest fișier World va avea aceeași denumire cu cea a imaginii, dar extensia va fi .jgw.;
- Acest fișier se va păstra în același folder în care se păstrează imaginea, deoarece aici se salvează detaliile georeferențierii;
- În orice aplicație de GIS se va introduce imaginea, va fi căutat acest fișier pentru a o localiza corect pe suprafața terestră;
- Se debifează Generate Projection (PRJ) File,
- Restul opțiunilor se lasă nemodificate;
- Se face click pe OK, apoi se alege unde se va salva
- Se dă o denumire finală imaginii salvate.

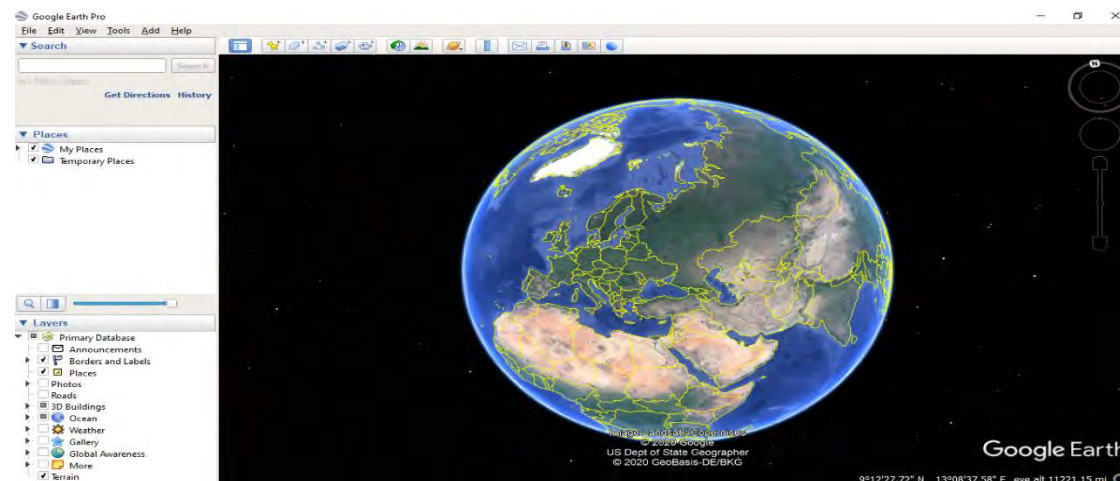


**Figura 7.3. Captură ecran soft Global Mapper v21.1 32-bit, Fereastra de alegere a metodei de transcalcul**

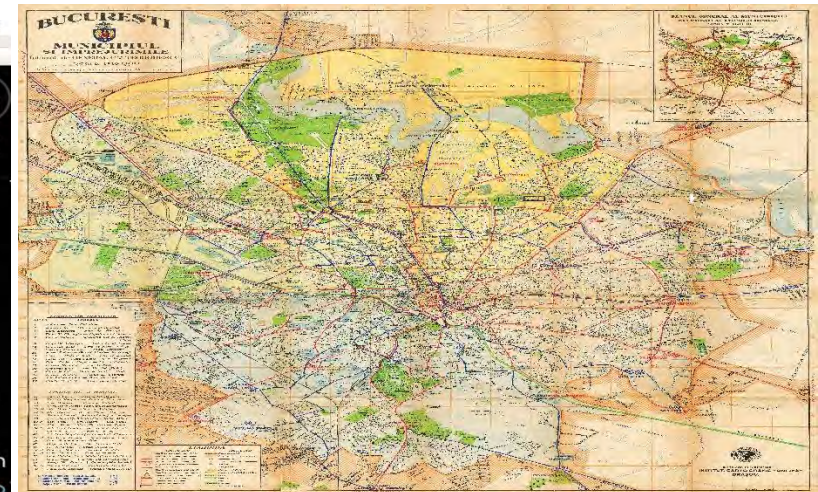
## B. Georeferențierea cu Google Earth Pro

Softul Google Earth Pro poate fi descărcat prin linkul <https://www.google.ro/intl/ro/earth/download/gep/agree.html>[7]. După descărcare se acționează în următoarea ordine[8]:

1. Se deschide softul și se obține imaginea din Figura 7.4.a.
2. Se descarcă o hartă scanată și se salvează într-un folder al computerului. Am ales Harta scanată a Municipiului București[6] pe care am salvat-o în folderul curs Teledeteție, sub denumirea menționată Figura 7.4.b..
3. Se caută locația în Google Earth Pro, respectiv în căsuța de căutare a unei locații se introduce București, Romania. Va apare o imagine a zonei căutate ca în figura 7.5.
4. Se deschide noul proiect, vizând georeferențierea hărții scanate a Municipiului București acționând butonul “My Place” din partea din stânga, apoi Add și Folder[Figura 7.6.].
5. În fereastra care apare se introduce denumirea documentului care va fi introdus în soft, respective Harta Bucuresti[Figura 7.7.] și se apasă OK, după care apare imaginea figurată în 7.8.a. în care elementele de acțiune sunt marcate cu săgeți roșii, respective, se confirm încărcarea poziției hărții în soft iar butonul de continuare este în partea superioară a ecranului.
6. După ce se acționează, se obține o imagine figurată în 7.8.b, în care se introduce din nou, în partea superioară denumirea documentului Harta București . Se introduce adresa unde s-a salvat harta, respective folderul Curs Teledeteție și se încarcă în soft documentul(Figura 7.9.).



a.



b.

**Figura 7.4. Captură ecran soft Google Earth Pro, a. Fereastra de deschidere, b. Harta scanată a Municipiului București**

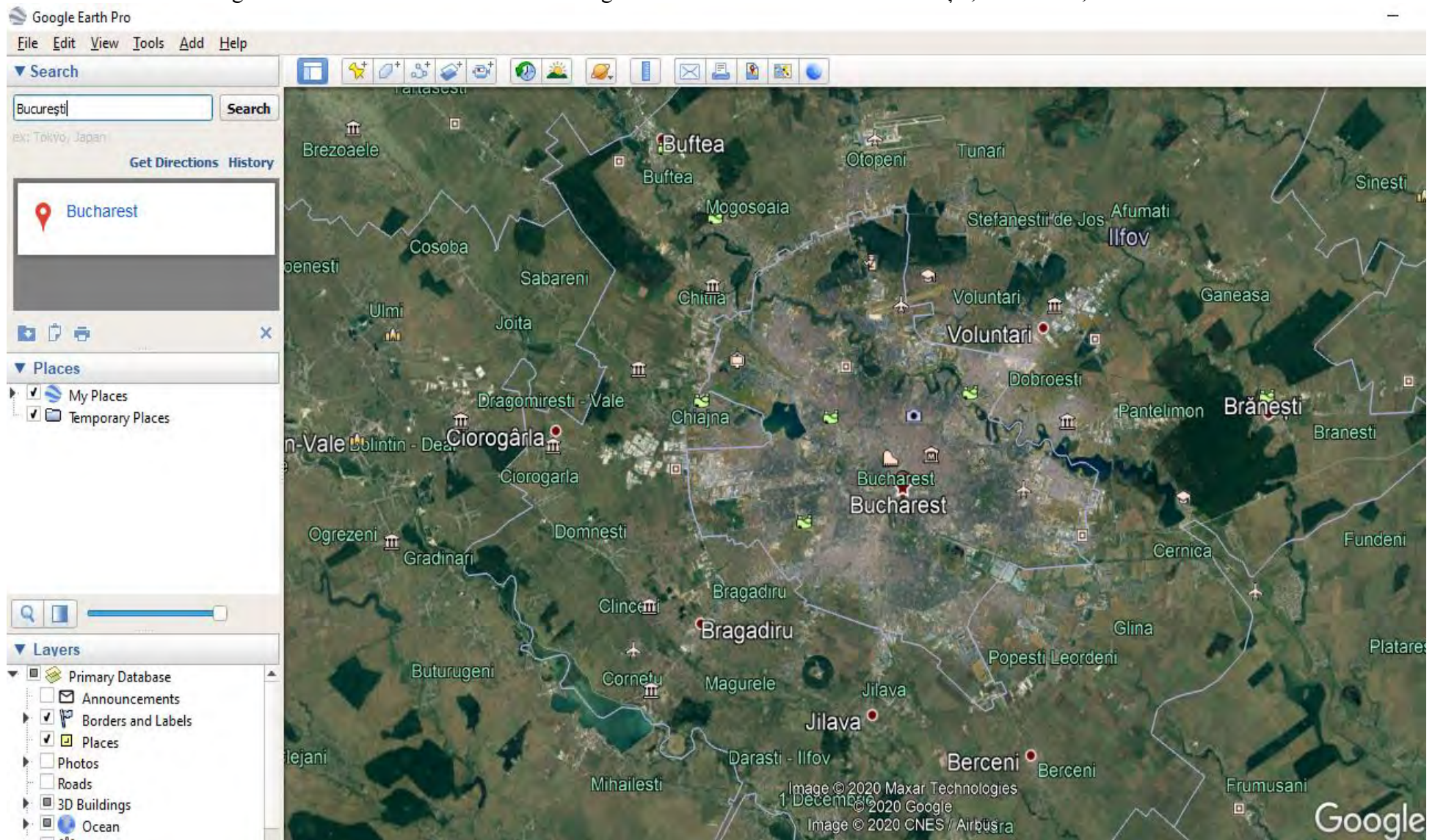


Figura 7.5. Captură ecran soft Google Earth Pro, Fereastra de deschidere a zonei Municipiului București



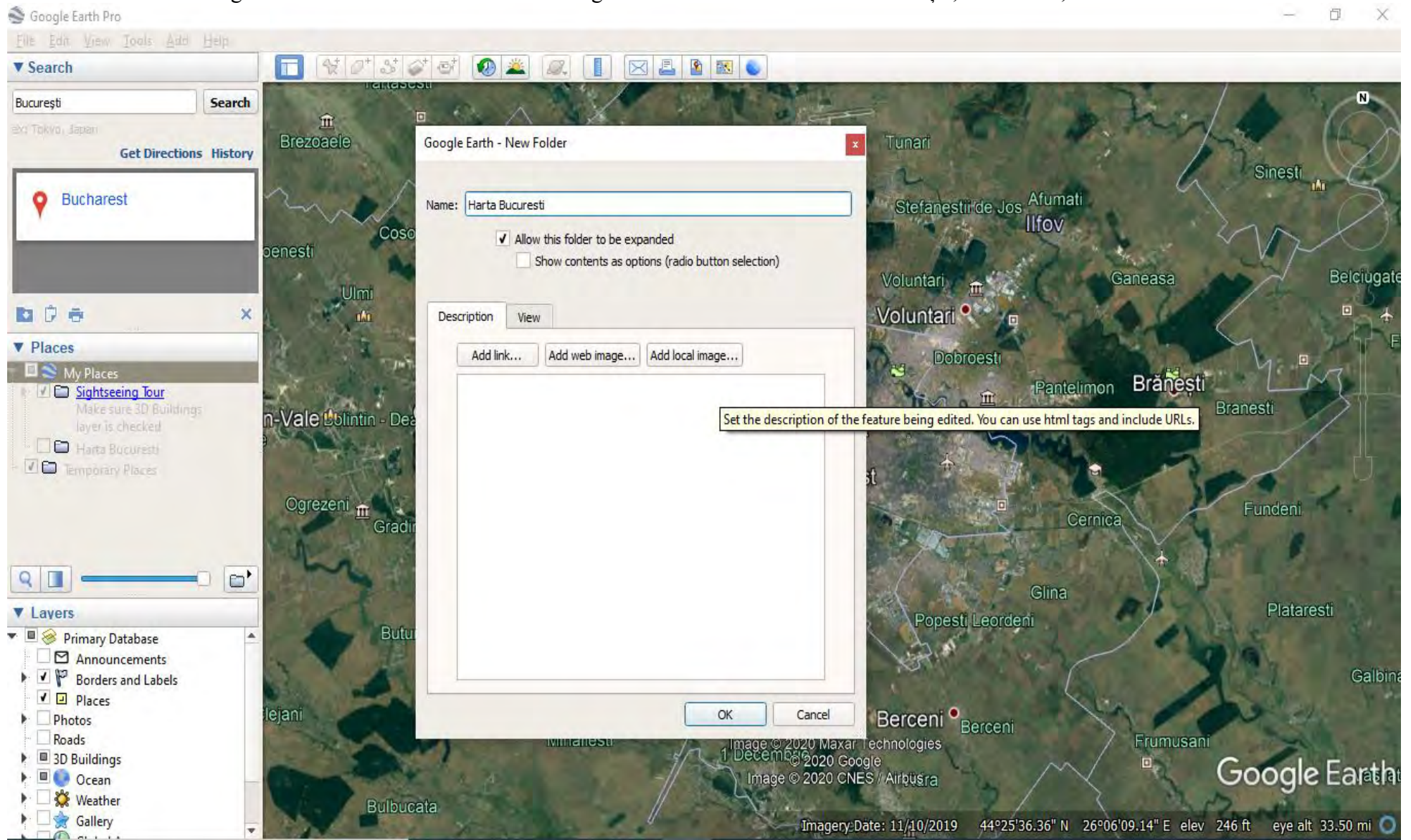
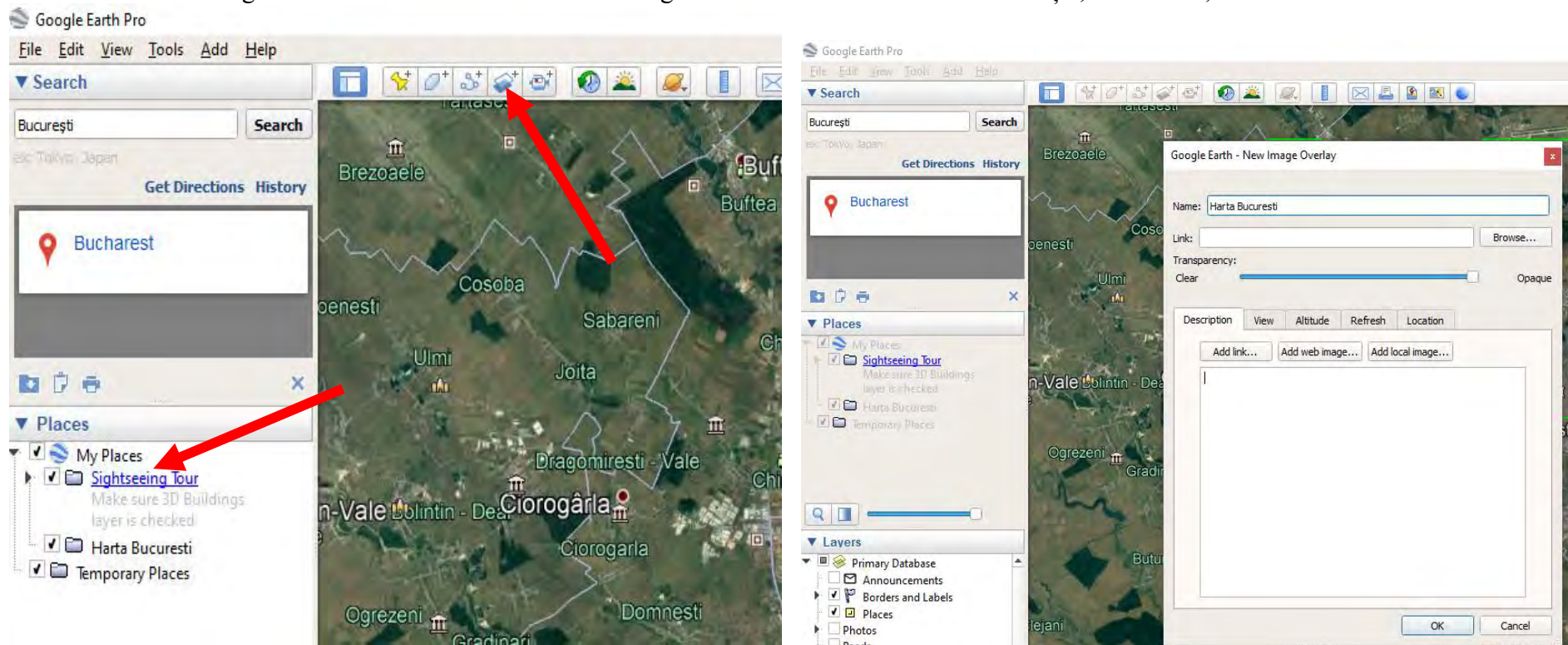


Figura 7.7. Captură ecran soft Google Earth Pro, a. Fereastra de încărcare a unei hărți scanate a unei locații, Municipiul București



a.

b.

**Figura 7.8. Captură ecran soft Google Earth Pro, a. Fereastra de inițiere a Proiectului Georeferențiere Hartă București, b. Ecranul de introducere a hărții scanate și de georeferențiere a acesteia**

7. Se acționează cursorul marcat cu săgeată roșie în Figura 7.10. și se reglează opacitatea imaginii , astfel încât să poată fi vizualizate atât harta cât și imaginile satelitare.
8. Se acționează din nou butonul marcat cu săgeata roșie și se introduce o descriere sumară a proiectului[Figura 7.11.].
9. Se mută căsuța cu descrierea proiectului, astfel ca întreaga zonă să poată fi vizualizată pe ecranul computerului[Figura 7.12.].
10. Se folosesc instrumentele de georeferențiere, precizate în Figura 7.13. și se aduce prin suprapunere cu repere cunoscute imaginea hărții scanate peste imaginea satelitară georeferențiată a terenului. Când se consideră că cele două imagini coincid, prin suprapunere se acționează butonul OK. În acest moment proiectul este salvat în My Places și poate oricând fi vizualizat.

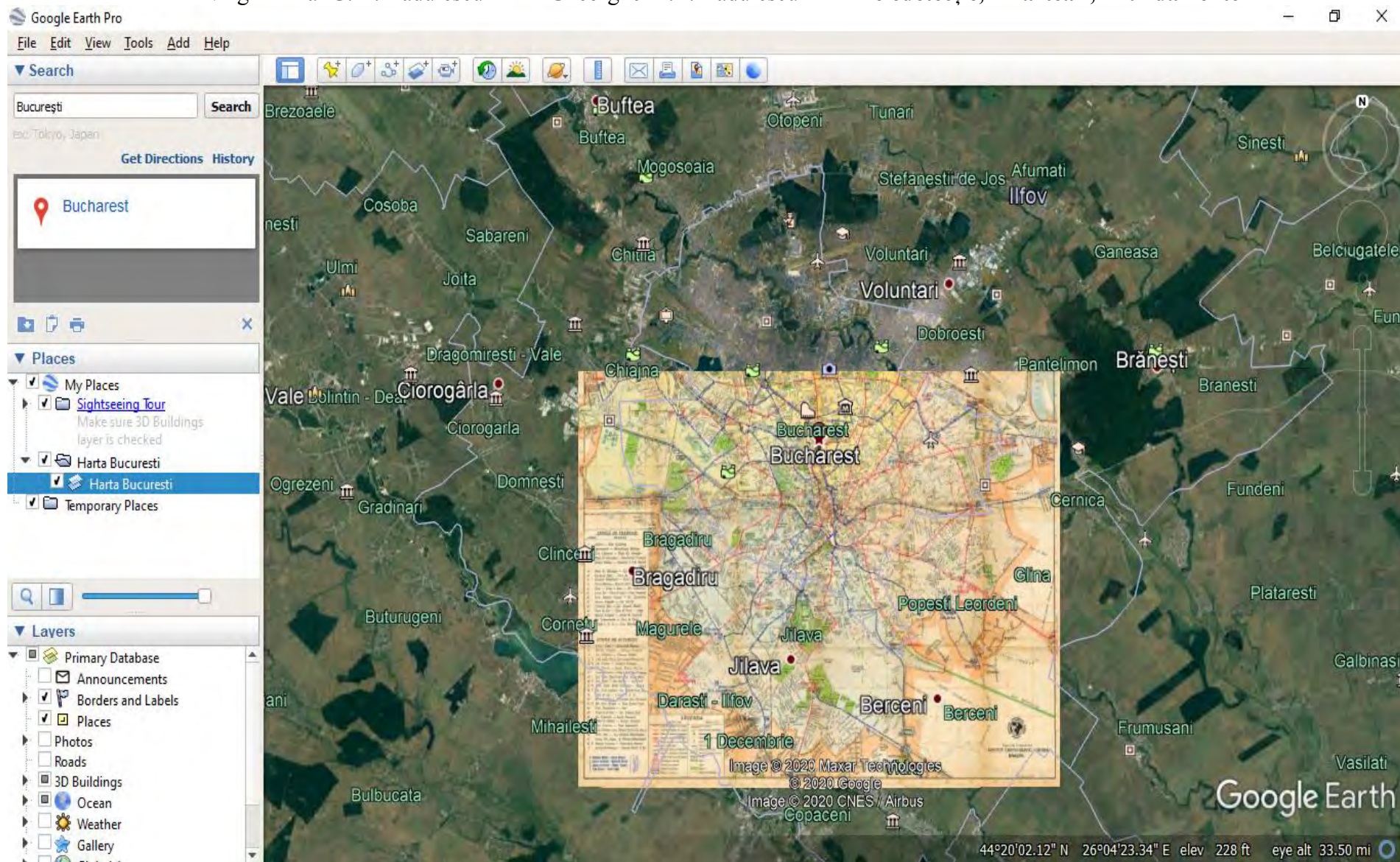


Figura 7.9. . Captură ecran soft Google Earth Pro, Harta București, a fost suprapusă peste imaginea satelitară a zonei



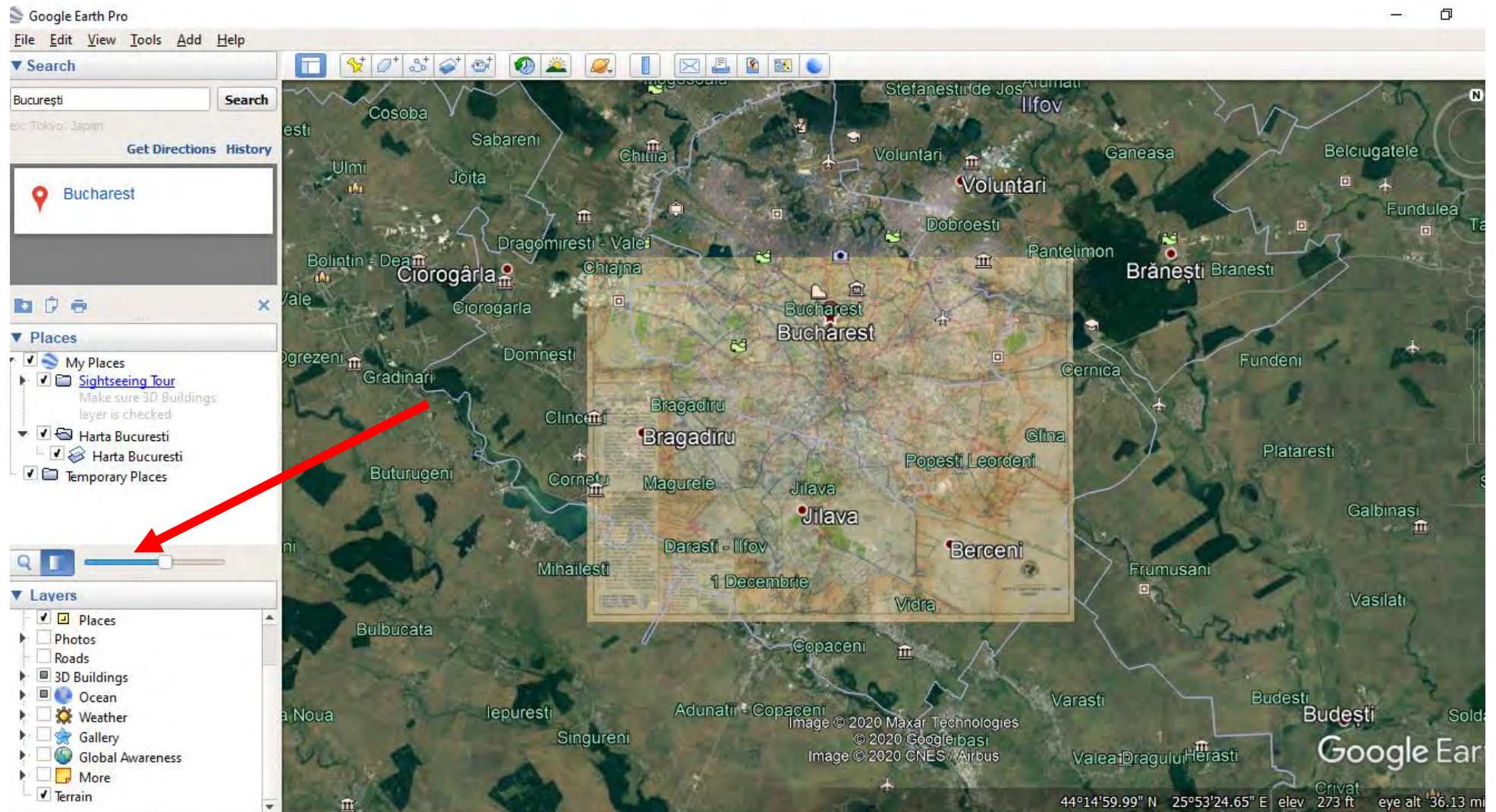


Figura 7.10. Captură ecran soft Google Earth Pro, Reglarea opacității

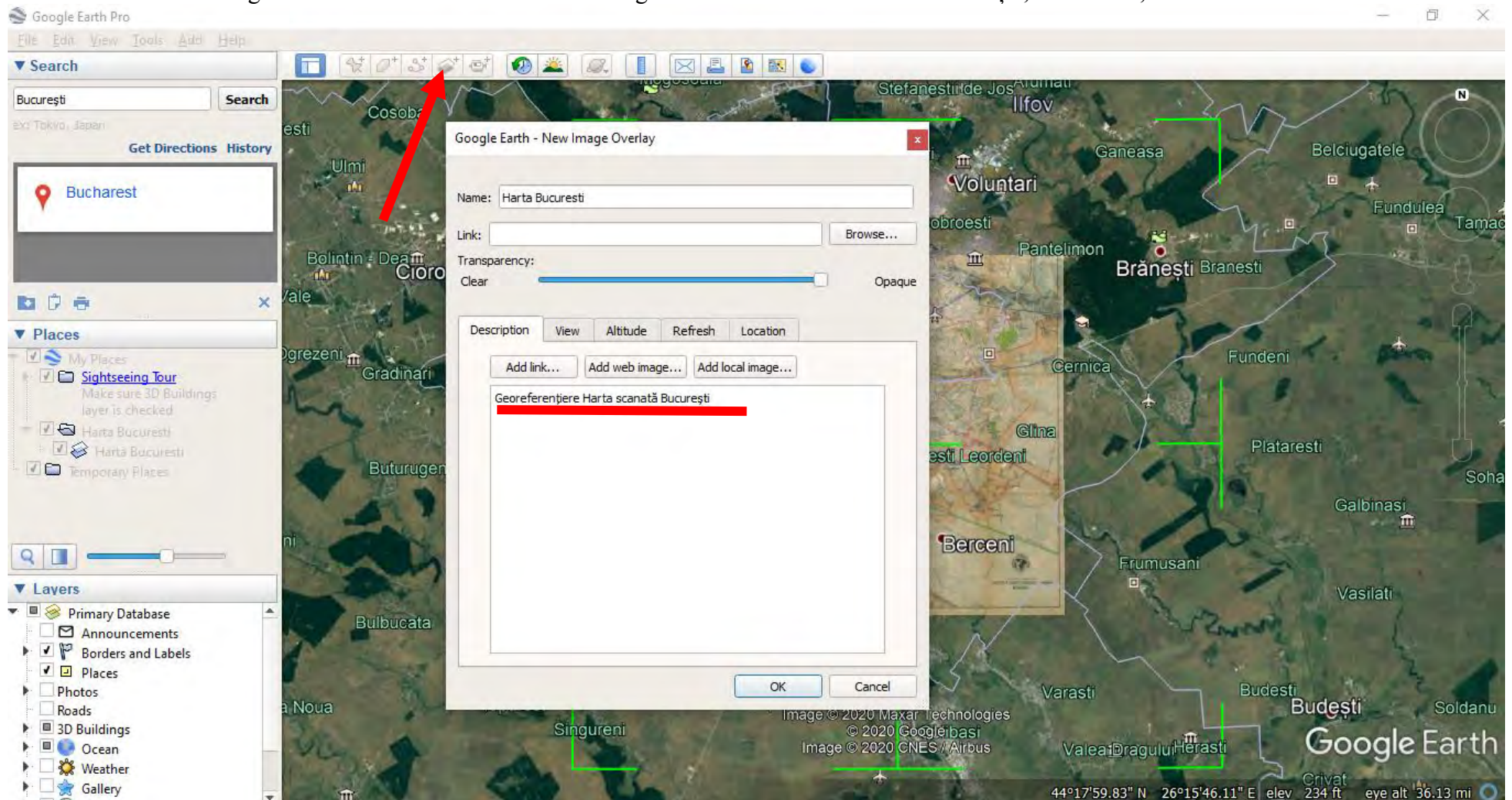


Figura 7.11. Captură ecran soft Google Earth Pro, Descrierea sumară a proiectului

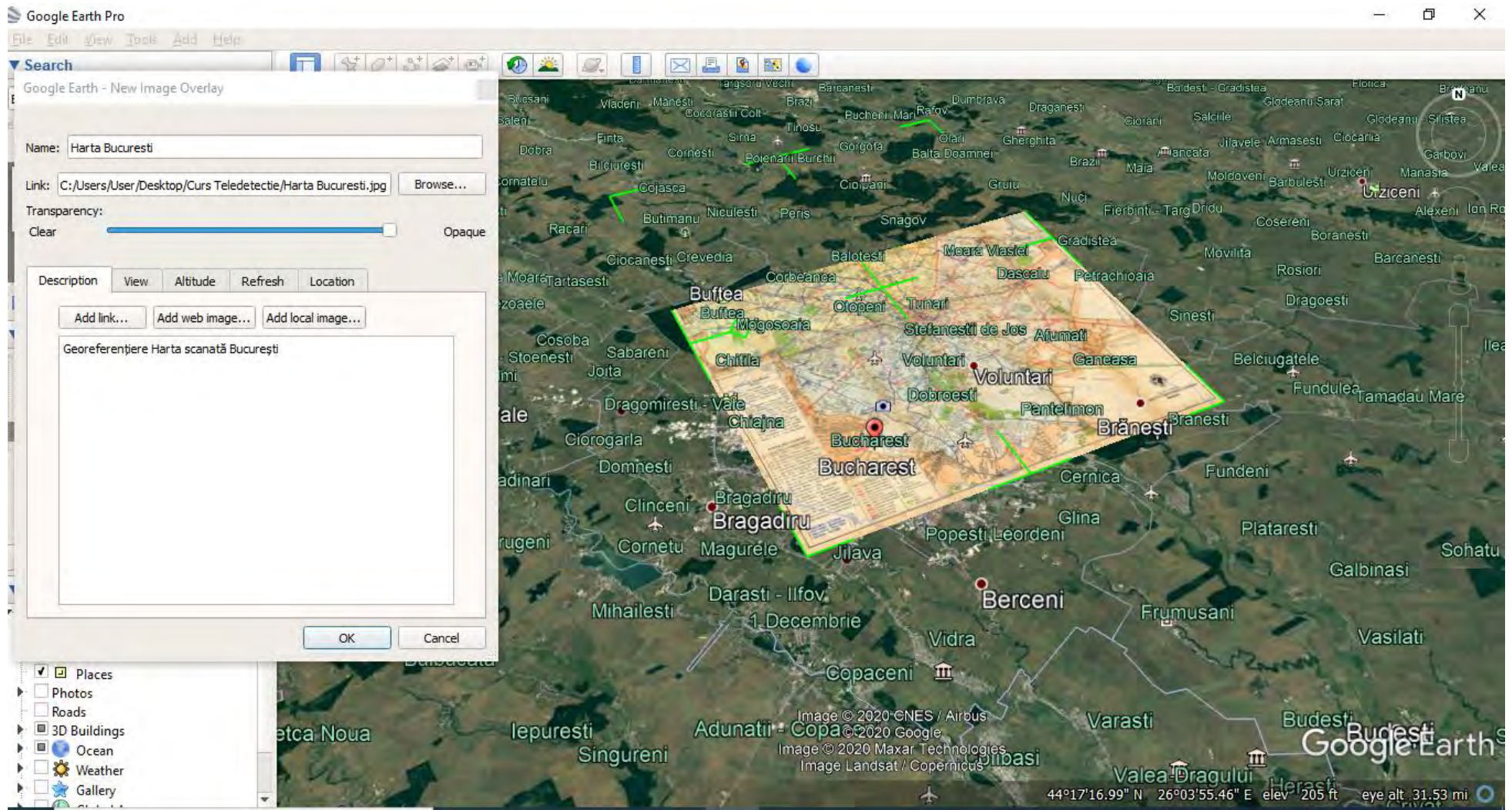


Figura 7.12. Captură ecran soft Google Earth Pro, Demararea acțiunii de georeferențiere

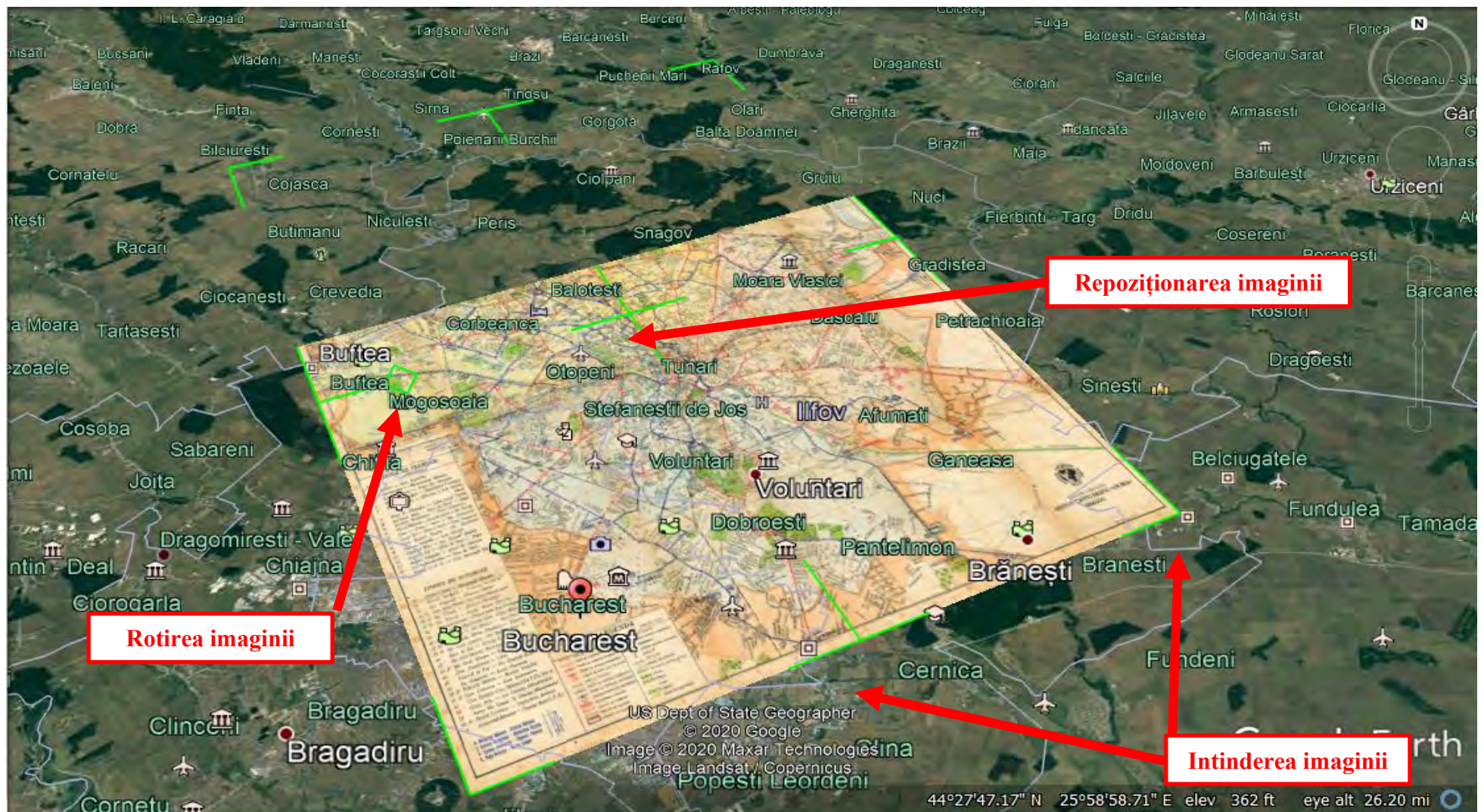


Figura 7.13. Captură ecran soft Google Earth Pro, Instrumente de georeferențiere

### C. Georeferențierea cu QGIS[7-11]

QGIS poate fi descărcat de la adresa <https://qgis.org/en/site/forusers/download.html#> [1,9,10]. Se alege pentru georeferențiere o foaie de hartă din Județul Alba, utilizată și la exemplificarea anterioară cu softul Global Mapper v21.1 32-bit(Figura 7.14.). În primul rând, și în acest caz, este necesară localizarea a minim trei puncte de coordonate cunoscute. Pe hărțile topografice cele mai sigure și vizibile puncte sunt intersecțiile liniilor caroiajului pentru că valorile coordonatelor acestora sunt redade pe marginea hărții. Este și cazul imaginii din acest exemplu [1]. Se pornește softul QGIS și, în continuare sunt parcurse următoarele etape:

1. Se acționează plugin-ul Georeferencer (în Plugins>Georeferencer>Georeferencer), (figura 7.15.).
2. Pluginul este instalat în meniul Raster. Se face clic pe Raster ▸ Georeferencer ▸ Georeferencer pentru a deschide pluginul(figura 7.16.).
3. Fereastra pluginului este împărțită în 2 secțiuni. Secțiunea superioară în care va fi afișat rasterul și secțiunea de jos în care va apărea un tabel care să vă prezinte GCP-urile(figura 7.16.).
4. Acum se va încărca harta scanată, imagine JPG. Se accesează File ▸ Open Raster, se intră în folderol în care a fost încărcată și se acționează Open. Acum harta scanată a fost încărcată în softul QGIS(Figura 7.16.).

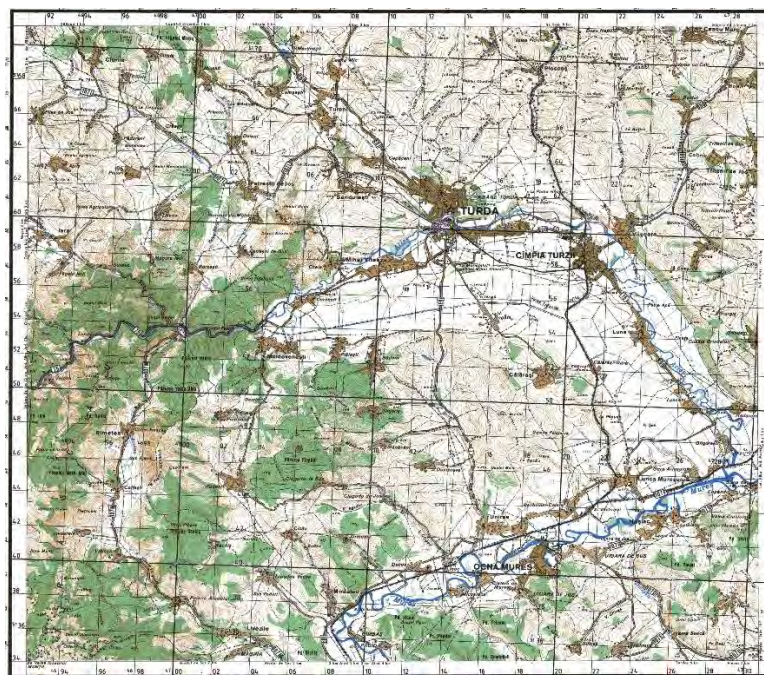


Figura 7.14. Harta ce urmează a fi georeferențiată în sistem Stereo 70 cu softul QGIS

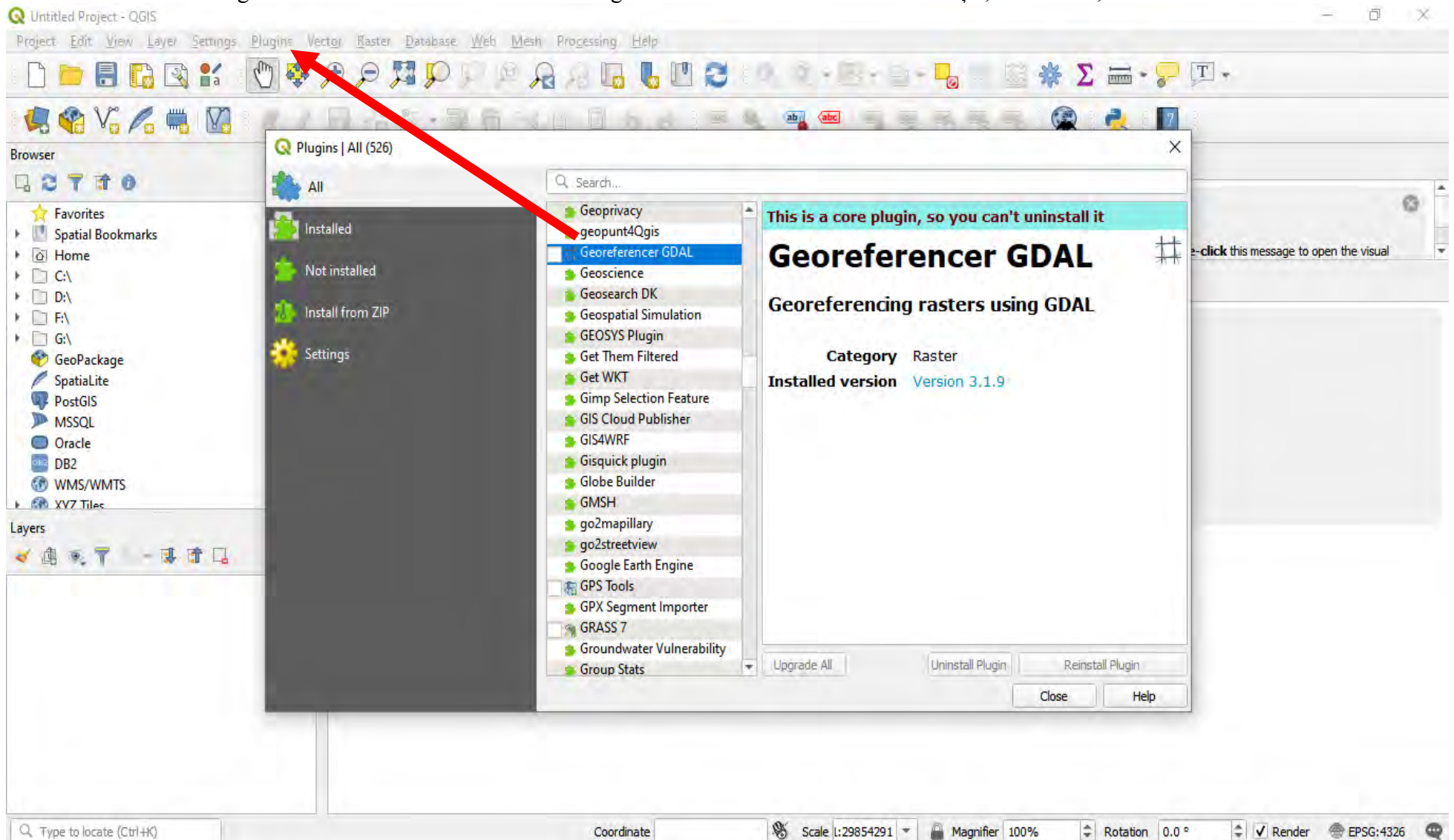
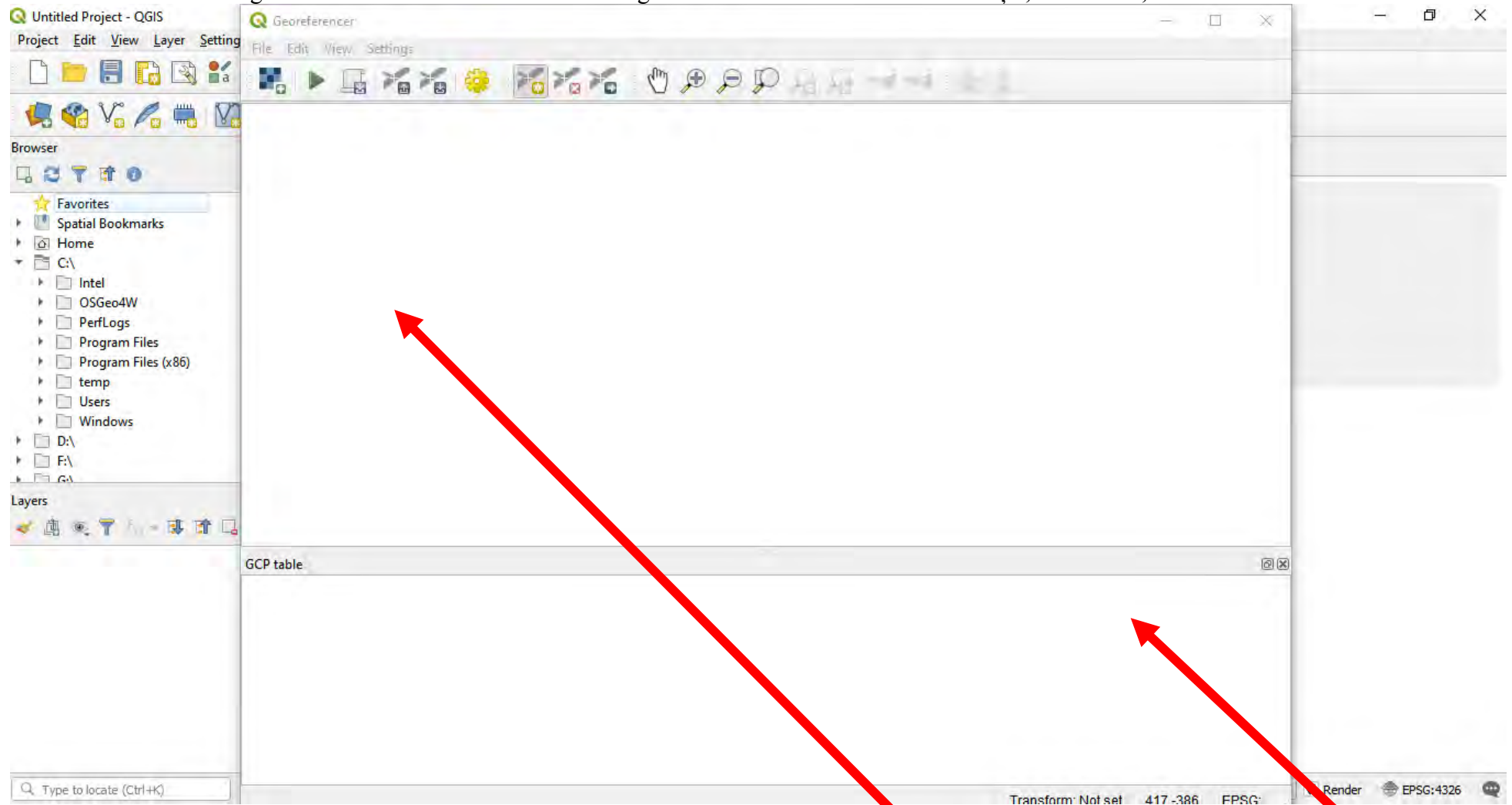
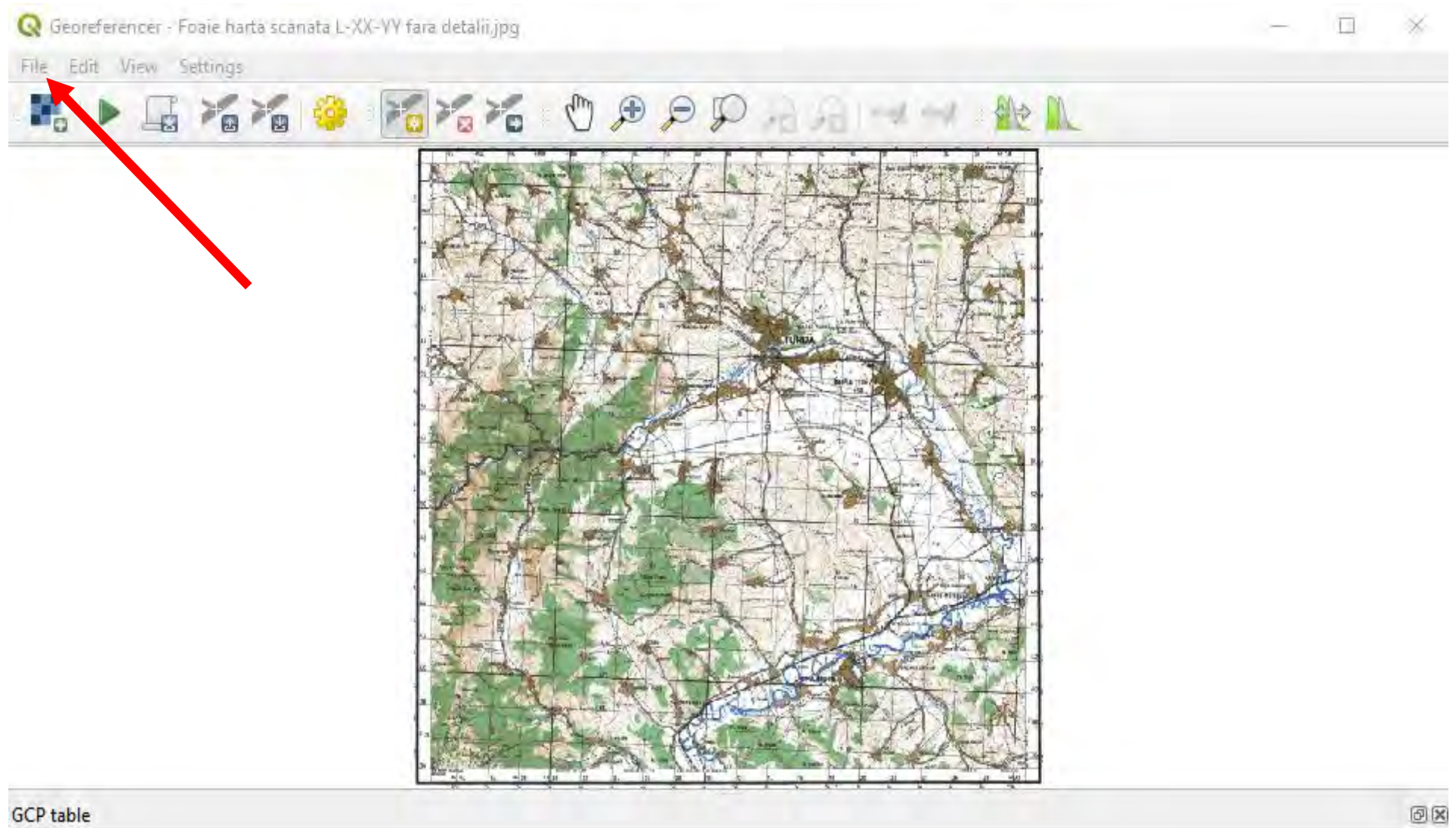


Figura 7.15. Softul QGIS este deschis și este inițializată georeferențierea hărții scanate



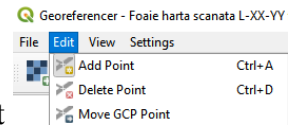
**Figura 7.16. Softul QGIS 3. Fereastra pluginului este împărțită în 2 secțiuni. Secțiunea superioară în care va fi afișat rasterul și secțiunea de jos în care va apărea un tabel în care se prezintă GCP-urile**



**Figura 7.16. Harta scanată este încărcată**



5. În ecranul următor, pentru a specifica proiecția și baza punctelor de control, se va cere să se aleagă sistemul de referință de coordonate raster (CRS). Dacă s-au colectat punctele de control la sol folosind un dispozitiv GPS, se poate opera în WGS84 CRS. Dacă se fac referințe geografice pe o hartă scanată ca în cazul prezentat, se pot obține informațiile CRS de pe harta în sine.



6. Se acționează comanda Edit, Add Point

și se introduc punctele de coordonate cunoscute, de regulă intersecții de axe de coordonate.

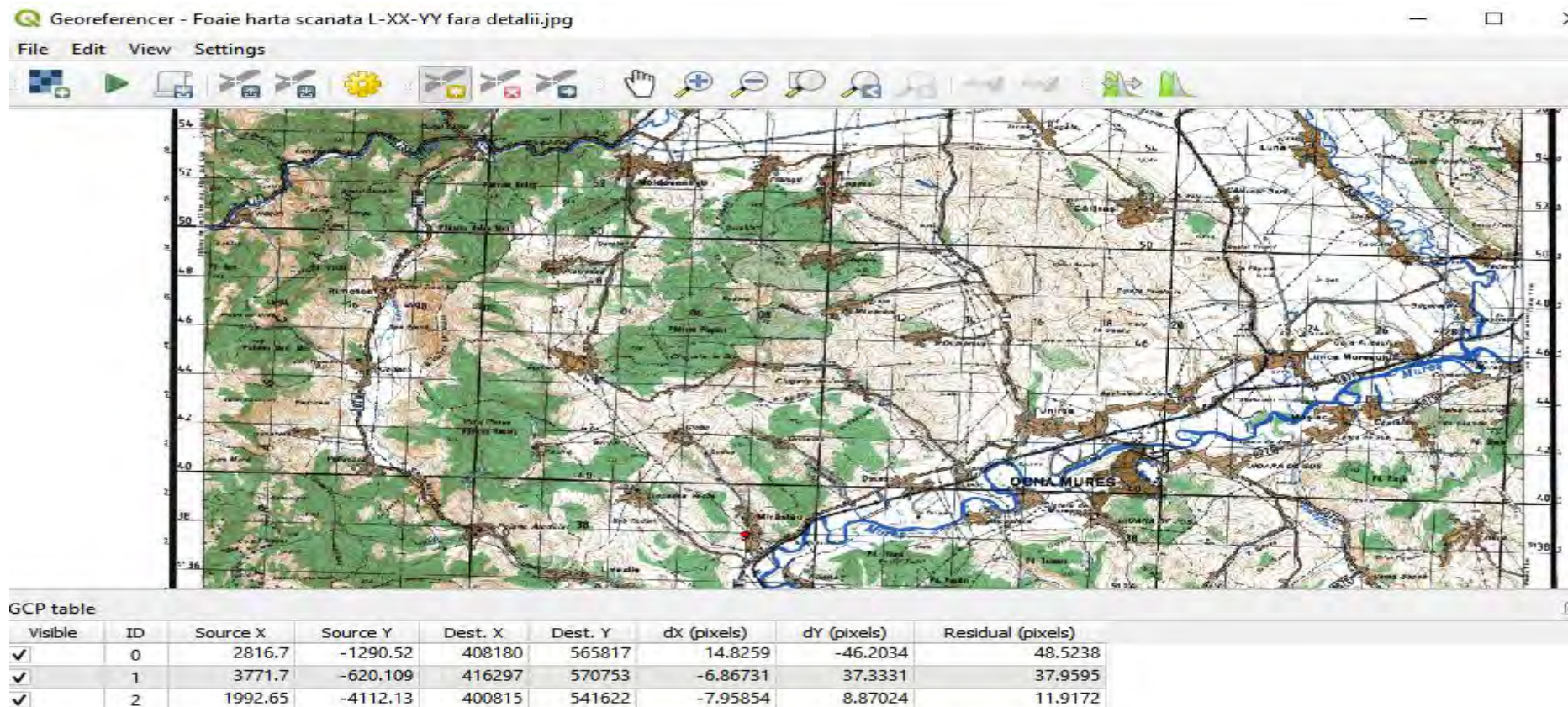
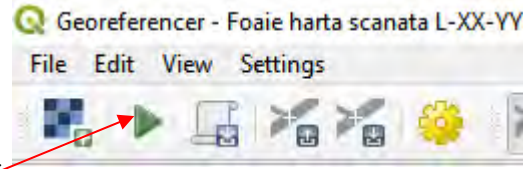


Figura 7.17. De pe Harta scanată se introduc punctele de coordonate cunoscute, de regulă intersecții de axe de coordonate

7. După ce s-au introdus numărul minim de puncte necesare pentru transformare, se va observa că GCP-urile au acum valori de eroare dX, dY și Residual zero, precizate în ultimele trei coloane. Dacă un anumit GCP are valori de eroare neobișnuit de mari, aceasta înseamnă de obicei o eroare umană la introducerea valorilor coordonate. În aceste condiții se poate șterge acel GCP și acesta va fi capturat din nou. De asemenea, se pot edita valorile coordonatelor din tabelul GCP făcând clic pe celula din Dest. X sau Dest. Y. După ce se consideră că GCP-urile sunt corect introduse se



accesează File > Start georeferencing.

cu ajutorul GCP-urilor și crearea rasterului țintă.

Prin accesarea acestuia va începe procesul de deformare a imaginii

8. Odată ce procesul se va încheia stratul georeferențiat va fi încărcat în QGIS. Georeferențierea este acum completă.

#### D. Georeferențierea cu ArcGIS[1,11-13]

Așa cum am prezentat, Georeferențierea este procesul de preluare a unei imagini digitale, ar putea fi o fotografie aeriană, o hartă scanată sau o imagine a unei hărți topografice și adăugarea de informații geografice imaginii, astfel încât GIS sau software-ul de mapare să poată „plasa” imaginea într-o locație adecvată a lumii reale. Acest proces este finalizat prin selectarea pixelilor din imaginea digitală și alocarea acestora de coordonate geografice. ArcGIS are funcționalități pentru această procedură, la fel ca multe pachete software de teledetecție. Harta scanată poate conține informații importante pentru un anumit studiu astfel că avem nevoie să integrăm aceste date celorlalte informații existente. Georeferențierea în ArcGIS va parcurge etape similare celor anterior prezentate pentru alte softuri, care presupun:

1. Descărcarea unei variante a softului, în urma achiziției, închirierii sau a unei variante demo, fără conotații comerciale pe o perioadă, în funcție de furnizor de 14-30 de zile. Pentru România este indicată contactarea reprezentantului zonal la adresa <https://www.esri.ro/ro-ro/home>.
2. Se alege harta care trebuie georeferențiată, stabilind minim trei, ideal patru, puncte de coordonate cunoscute, ca și în exemplele anterioare, intersecții de axe de coordonate precizate la marginea hărții, dispuse în cele patru cadrane, cât mai depărtate, unul față de celălalt. Se identifică coordonatele X, Y ale acestor puncte, și se întocmește un tabel conținând aceste informații. Se identifică din detaliile precizate pe conturul hărții scanate sistemul de proiecție utilizat.
3. Este indicat ca după ce am efectuat operațiile anterioare să eliminăm marginile hărții, utilizând diferite softuri de prelucrare a imaginilor sau CAD.
4. Se deschide programul ArcMap, se va alege din opțiuni New Maps – Blank Map și cu ajutorul butonului Add Data se încarcă harta scanată, prelucrată anterior, care se dorește a fi georeferențiată, acționând această comandă harta scanată va apare pe ecranul computerului încărcată în Arc Map.
5. Din meniul View – Toolbars – Georeferencing și se alege din meniul barei care apare, opțiunea Layer.
6. Se debifează funcția Auto Adjust, permițând introducerea celor patru puncte alese pentru georeferențiere
7. Din comanda Add Control Points, aflată pe bara de georeferențiere încep să se introducă punctele alese, în ordinea stabilită, similar cum am procedat la metodele anterioare, marcând pe rând fiecare punct. Particularitatea în acest caz constă în introducerea de perechi de puncte, se

introduce primul punct, din tabelul redactat anterior, zoomând imaginea pe acesta, marcându-l pe hartă printr-un prim clic și apoi la 2-4 cm de acesta se introduce un punct pereche care se marchează pe hartă prin al doilea clic.

8. Se va genera un tabel conținând denumirea punctelor și coordonatele X și Y, operație realizabilă prin selectarea pe bara de instrumente Georeferencing a butonul View Linked Table. Tabelul va conține șase coloane(Tabelul 1). Prima coloană reprezintă denumirea punctelor alese, sau numai ordinea de introducere a acestora, coloanele 2 și 3 corespund coordonatelor punctelor alese prin primul clic iar coloanele 4 și 5 ale punctelor preluate prin al doilea clic.

**Tabelul 1 Link Table**

| <b>Link</b> | <b>X Source</b> | <b>Y Source</b> | <b>X Map</b> | <b>Y Map</b> | <b>Residuals</b> |
|-------------|-----------------|-----------------|--------------|--------------|------------------|
| <b>1</b>    | <b>2</b>        | <b>3</b>        | <b>4</b>     | <b>5</b>     | <b>6</b>         |
| <b>1</b>    |                 |                 |              |              |                  |
| <b>2</b>    |                 |                 |              |              |                  |
| <b>3</b>    |                 |                 |              |              |                  |
| <b>4</b>    |                 |                 |              |              |                  |

9. Se modifică coordonatele din tabel, introducând în coloanele 4 și 5 coordonatele reale ale punctelor stabilite prin primul tabel realizat pentru harta scanată, în etapa a doua a prezentării.
10. Se acționează comanda Auto Adjust, harta va dispărea de pe ecran dar va fi introdusă pe noile coordonate de soft.
11. Acționând comanda Full Extend harta va reapărea pe ecran.
12. Se acționează din bara de comenzi Georeferencing comanda Rectify, operație prin care se poate preciza mărimea pixelilor, alege metoda de transformare și salva harta sub forma dorită(jpeg, tiff, etc.), cu o nouă denumire.
13. Asociem harta unui sistem de coordonate, operație care se poate realiza prin urmarea comenzilor Start - Programs - ArcGIS și alegerea aplicației ArcCatalog, prin care se va permite alegerea din fișierele folosite harta sub noua denumire
14. Se execută click-dreapta pe noua harta georeferențiată și se alege opțiunea Properties, deschizând caseta aferentă acestei comenzi.
15. Din caseta menționată se acționează comanda Spatial References și Edit.
16. Acționând această comandă se va deschide o casetă de unde se poate alege și selecta un sistem de referință.
17. După alegerea din meniul softului a sistemului de referință corespunzător acesta se va valida și se va închide ArcCatalog. În acest moment harta scanată este georeferențiată.

**Bibliografie Capitolul 7**

- [1]. Mihai Terente, Georeferențierea unei hărți scanate, Beneficiar Institutul Național al Monumentelor Istorice, disponibil online la adresa: <http://www.geo-spatial.org/tutoriale/georeferentiere-harta-scanata>
- [2]. <http://www.geodinamic.ro/upload/fck/GeoreferentiereaGlobal%20Mapper.pdf>
- [3]. <https://www.blumarblegeo.com/products/global-mapper.php>
- [4]. <https://www.blumarblegeo.com/products/downloadfile.php?id=1008>
- [5]. <https://www.blumarblegeo.com/products/global-mapper-sdk-new-features.php>
- [6]. <https://archive.org/details/Harta>
- [7]. <https://www.google.ro/intl/ro/earth/download/gep/agree.html>
- [8]. [https://library.carleton.ca/sites/default/files/help/gis/ScannedMaps\\_GoogleEarth.pdf](https://library.carleton.ca/sites/default/files/help/gis/ScannedMaps_GoogleEarth.pdf)
- [9]. <https://qgis.org/en/site/>
- [10]. <https://qgis.org/en/site/forusers/download.html#>
- [11]. Mihai Herbei, Sisteme Informatice Geografice – Aplicații, <https://www.academia.edu/35368117/GIS.pdf>
- [12]. [https://serc.carleton.edu/research\\_education/geopad/georeferencing.html](https://serc.carleton.edu/research_education/geopad/georeferencing.html)
- [13]. <https://www.esri.ro/ro-ro/home>