

TELEDETECȚIA – SCHIȚĂ ISTORICĂ

Manuel VAIS

gmnoema@yahoo.com

ABSTRACT. Some main events from aero photographic history are presented. The beginnings of artificial satellite and some remote sensing missions are also presented.

Prin teledetecție (remote-sensing; télédétection; distanționnoe zondirovanie Zemli) se înțelege obținerea de informații despre obiecte sau fenomene din mediul înconjurător, utilizându-se dispozitive cu sensori nesituați în contact cu obiectul studiat, ci la distanță.

În principiu, teledetecția presupune achiziția de informații de la distanță.

Definiția sa oficială este: „*mulțimea cunoștințelor și tehnicilor utilizate pentru determinarea caracteristicilor fizice și biologice ale obiectelor prin măsurători efectuate de la distanță, fără contact material cu acestea*” (COMITAS – Commision ministérielle de la terminologie de la télédétection aérospatiale – 1988).

Tehnic se utilizează ca sisteme de achiziție a acestor informații camere fotografice, înregistratoare multibandă-multispectrale, lasere, receptoare de frecvență radio, sisteme radar și altele, instalate la bordul avioanelor, baloanelor, rachetelor sondice și, nu în ultimul rând, al sateliților.

Începuturile teledetecției sunt strâns legate de apariția și dezvoltările fotografiei. Primele fotografii, făcute în sensul descris mai sus, sunt menționate în anul 1839 și sunt atribuite lui Daguerre și Niepce. În anul următor, Arago, director al Observatorului Astronomic din Paris, susține folosirea fotografiei în scopuri topografice.

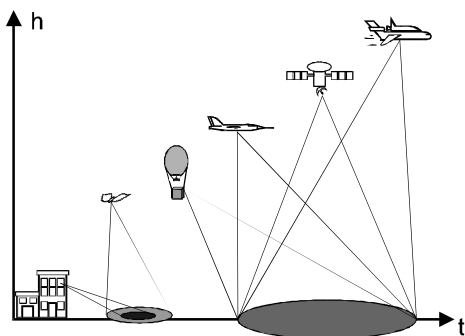


Figura 1. Influența evoluției tehnicii aerospațiale asupra tehnicilor de teledetecție.



Figura 2. Fotografie Nadar a unei zone pariziene – 1868.

În anul 1849, colonelul Aimé Laussedat, ofițer în Corpul Francez de ingineri, se angajează într-un program extins pentru utilizarea fotografiei în cartarea topografică.

Din anul 1858 sunt utilizate baloanele pentru obținerea de fotografii pe domenii mari, astfel Felix Tournachon (cunoscut și sub numele de Nadar) realizează prima fotografie aeriană a Parisului (figura 2), iar mai târziu, între 1880 și 1900, sunt folosiți ulii și porumbei pentru transportul unor camere fotografice la sute de metri altitudine (figura 3).

În anul 1879 George Eastman a descoperit formula pentru emulsia gelatinoasă menită să acopere suprafețe uscate construind și o instalație pentru acoperirea cu o astfel de emulsie. După zece ani, compania sa, Kodak, a introdus pelicula de celuloză flexibil crescând popularitatea fotografiei.

În anul 1906, George R. Lawrence realizează o imagine fotografică oblică a orașului San Francisco după un cutremur și un incendiu de

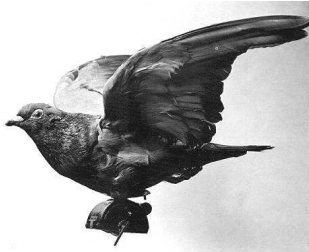
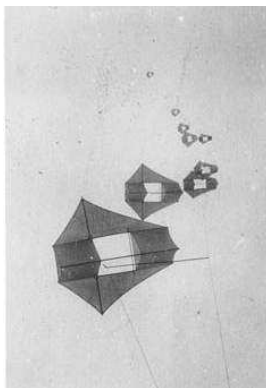


Figura 3. Porumbel folosit pentru transportul unei camere fotografice.

proporții. Imaginea a fost obținută folosind o camera proiectată special și ridicată în aer cu ajutorul unui număr de zmee legate între ele și ținând camera într-o stare de echilibru în diferite condiții de vânt. El a numit sistemul astfel dezvoltat „Captive Airship” (figurile 4–6).



Figura 4. Fotografie obținută de Lawrence la San Francisco 1906.

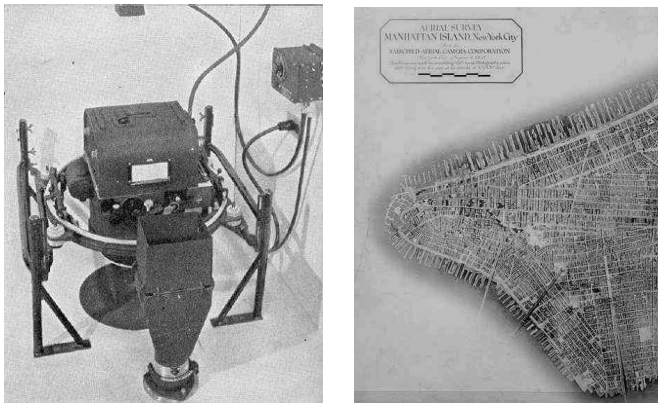


Figurile 5-6. Camera Lawrence și unul din sistemele sale de înălțare.

Aceste dezvoltări au permis ca odată cu apariția avioanelor fotografia aeriană să devină un instrument foarte folositor, în sensul obținerii datelor privind suprafețe întinse în condiții total controlate. Primele imagini obținute în astfel de condiții au fost înregistrate, dintr-un aeroplan pilotat de Wilbur Wright, în 1909, deasupra localității Contocelli în Italia.

Un alt moment important este anul 1920, an în care Sherman M. Fairchild pune la punct o camera aeriană (figura 7) superioară, din toate punctele de vedere, celor anterioare. Anul următor, cu această camera,

s-au realizat 100 de fotografii cu suprapunere parțială din care s-a compus o hartă aeriană a Insulei Manhattan (figura 8), prima hartă aeriană folosită în activități comerciale.



Figurile 7–8. Camera aeriană Fairchild și o parte din harta aeriană a Insulei Manhattan.

În 1929, când Palatul Topkapi a fost convertit în muzeu, s-a găsit o hartă atribuită celebrului amiral otoman Piri Reis, geograf și cartograf în același timp. Harta, apreciată a fi din 1513, prezintă coastele vestice ale Europei, Africa de Nord cu o acuratețe suficient de bună (figura 9). Harta folosește o proiecție cu punctul central Cairo puțin probabil de realizat cu posibilitățile tehnice ale secolului XVI. Erich von Deniken propune o teorie din care rezultă că harta lui Piri Reis este un artifact al unei rase extraterestre evolute, care au vizitat Pământul în anumite momente ale antichității, teorie care poate fi susținută prin rezultatele obținute în teledetecție.



Figura 9. Parte din harta lui Piri Reis prezentând Europa și bazinul mediteranean.

Fotografia color a devenit posibilă abia în anul 1930, moment în care s-a continuat lucrul la dezvoltarea filmelor capabile să înregistreze radiații în infraroșu apropiat, făcând astfel fotografia independentă de nori și ceață.

În timpul celui de al II-lea război mondial, cercetările au fost concentrate asupra proprietăților de reflectanță spectrală a terenului natural și a disponibilității emulsiei fotografice pentru fotografia aeriană color în infraroșu.

Utilizarea radiațiilor din domeniul infraroșu a fost prevăzută, încă din 1800, de către Herschel, dar primul film sensibil la aceste radiații a fost realizat abia în 1931 pentru armata americană, și utilizat pentru studiul vegetației abia din 1960.

În 1956, Colwell a realizat unele din primele experimente în utilizarea fotografiei aeriene pentru clasificarea și recunoașterea tipurilor de vegetație precum și detecția avariilor și bolilor vegetației.

Un mare număr de studii privind aplicațiile înregistrărilor în infraroșu și multispectrale au fost luate sub sponsorizarea NASA după anul 1960, conducând la obținerea imaginilor multispectrale, înregistrate pe sateliții misiunii LANDSAT.

Zona undelor lungi ale spectrului electromagnetic a fost folosită încă de la începutul acestui secol, dar sisteme active cu microunde pentru detectarea și urmărirea traiectoriilor obiectelor în mișcare ca nave, respectiv avioane, au fost dezvoltate în timpul și mai ales după cel de-al II-lea război mondial. Mai recent, au fost dezvoltați senzori pentru zona microundelor, capabili să pună la dispoziție imagini bidimensionale, similare celor fotografice obișnuite, deosebirea constând în faptul că, **iluminarea imaginii este o reflectare a proprietăților de împrăștiere ale suprafețelor în domeniul microundelor.**

În același timp au fost dezvoltați senzori pasivi care pun la dispoziție „înregistrări” ale microundelor emise de obiecte naturale.

Capacitățile sistemelor radio de urmărire și penetrare sunt cunoscute încă din 1889, când Heinrich Hertz a dovedit că obiectele solide reflectă undele radio. În primul sfert de veac al acestui secol, un număr de investigații au condus la folosirea sistemelor radar atât pentru detecția și urmărirea navelor și avioanelor, cât și pentru studiul ionosferei. Dezvoltarea sistemelor radar, în timpul și după cel de al II-lea război mondial, permite utilizarea acestora pentru studiul suprafețelor oceanelor, sau a altor fenomene atât din părțile superioare cât și cele inferioare ale atmosferei, sau studiul structurii suprafeței Pământului.

Cercetările asupra sistemelor **radar** s-au canalizat în două direcții:

RAR – sisteme radar cu antena cu diagramă reală;

SAR – sisteme radar cu antena cu diagramă sintetică;

ambele concurând la creșterea capacităților de distincție (rezoluție) în timpul zborurilor avioanelor la mari înălțimi.

În ultimul timp, un nou instrument a pătruns în cercetările de teledeteție și anume laserul, dezvoltat începând cu anul 1960 și folosit în cercetările asupra atmosferei, sau în cercetările topografice.

LIDAR (Light Detection And Ranging) este un sensor activ, ca și Radar-ul, care emite impulsuri laser către o țintă și înregistrează timpul necesar impulsului să se întoarcă la receptorul senzorialului.

Până în anul 1946, an în care au fost obținute fotografiile cu ajutorul rachetelor V-2, fotografiile de teledeteție au fost obținute numai de avioane sau baloane. Utilizarea în acest scop a rachetelor V-2 a pus în evidență valoarea fotografierii de la altitudini orbitale, impunând valențe noi pentru fotografia aeriană.

Mai mult, fotografia aeriană obținută la altitudini mici nu putea fi folosită cu ușurință pentru măsurători topografice, neputând pune la dispoziție și coordonatele camerei. Acest impediment va fi rezolvat o dată cu utilizarea teledeteției satelitare în condițiile unei orbite cu parametri cunoscuți inclusiv în condiții de repetitivitate a survolului.

Dacă secolul al XIX-lea a însemnat începutul desprinderii omului de Pământ prin zborurile cu aparate mai ușoare decât aerul, secolul XX a fost marcat de primele zboruri cu aparate mai grele decât aerul, și mai mult, în a doua jumătate a acestui secol – pătrunderea omului în spațiul cosmic.

În decursul istoriei științei și tehnicii, secolul XX a însemnat o explozie în domeniul fizicii prin **boomul nuclear** respectiv **boomul astronomic** în domeniul tehnicii.

Astfel, la 4 octombrie 1957 Uniunea Sovietică lansa primul satelit artificial „SPUTNIK 1”, în greutate de 83 kg, pe o orbită circumterestră, având o durată de viață scurtă, el căzând la 4 ianuarie 1958. Al doilea satelit sovietic, plasat pe orbită la 3 noiembrie a aceluiași an, cântărea 508 kg, avea la bord un câine de experiență și a durat până la 14 aprilie 1958. Apogeul său era la 1780 km.

În aceeași perioadă, Statele Unite reușesc primul satelit „VANGUARD”, la 17 martie 1958, urmat de al doilea, denumit

„EXPLORER”, la 25 martie al aceluiași an. Orbita lui Vanguard 1 avea perigeul la 650 km altitudine, iar apogeul la 4000 km.

SPUTNIK III, lansat la 15 mai 1958, cu o greutate totală de 1325 kg și având la bord 950 kg de instrumente, a avut o viață mai lungă, de aproape doi ani (până la 6 aprilie 1960).



Figura 10. Imagine realizată de la bordul stației GEMINI XI la 14 sept. 1976 de la o altitudine de 700 km.

Sfârșitul deceniului al șaselea este marcat de cele trei rachete lansate de Uniunea Sovietică în direcția Lunii, culminând cu „LUNIK III”, care înscriindu-se pe o orbită circumlunară, a realizat primele fotografii ale feței invizibile ale satelitului natural al Pământului, urmate de misiunile americane „MARINER”, din care Mariner II a furnizat primele imagini luate din apropiere (ale planetei Venus).

În anul 1961 au fost obținute fotografiile color cu ajutorul unei camere automate instalate pe nava spațială Mercury MA-4, urmate de alte fotografii obținute în cadrul misiunilor Mercury, Gemini, Apollo și Skylab.

Precursorul înregistrărilor de teledetecție îl constituie programul GEMINI, care a realizat numeroase înregistrări fotografice, ilustrând potențialul fotografiei spațiale atât pentru cercetările terestre cât și pentru cercetările oceanografice.

Trebuie menționat că în timpul zborurilor misiunilor GEMINI a fost utilizată o cameră manuală, a cărei scară și rezoluție nu erau familiare interpretărilor, dar experimentele cu această cameră au condus la perfecționarea sistemelor de înregistrare, iar filmul color utilizat (vezi figura 10.) a fost precursorul fotografiilor multispectrale realizate în misiunile următoare.

Figura 10 este o imagine cuprinzând o porțiune a Africii de est și a peninsulei Arabice, realizată pe 14 septembrie 1976, în timpul zborului GEMINI XI, de la o altitudine de 700 km, având la bord cosmonauții americani Conrad și Gordon.

În timpul misiunii Apollo-9, a fost obținută prima imagine multispectrală destinată cercetării resurselor Pământului, și astfel se pun bazele unui vast program început în anul 1972, prin lansarea primului satelit pentru cercetarea și inventarierea resurselor Pământului. Programul denumit la început **ERTS (Earth Resources Technology Satellite)** a continuat sub denumirea **LANDSAT (LANDSAT 1 – 23 06 1972)**, fiind cel mai vast program în domeniul teledetecției satelitare cu caracter comercial spre deosebire de cel militar.

Constelația **LANDSAT** este, până acum, de 7 sateliți, completată cu (SeaSat, GeoSat, GFO, TERRA – EOS AM1...).



Figura 11. Satelitul LANDSAT 2

Nu în ultimul rînd, trebuie să amintim componente de teledetecție ale misiunilor navetelor și laboratoarelor spațiale.

După anul 1990, asistăm la participarea la programele naționale de teledetecție a companiilor cu capital privat. Astfel, **Orbital Sciences Corporation** prin sucursala sa **ORBIMAGE (Orbital Imaging Corporation)** a pregătit și pus în exploatare misiunea **ORBVIEW**, compusă dintr-un grup de patru sateliți ORBIEW – 1, 2, 3 și 4. Obiectul companiei este proiectarea,

construirea, exploatarea și distribuția unei game mari de sisteme spațiale, produse și servicii satelitare incluzând suport de lansare, sateliți, senzori și electronică pentru misiuni satelitare, sisteme de urmărire de la sol, software aferent, sisteme de navigație și produse de comunicații bazate pe sateliți, servicii de telefonie mobilă, precum și punerea la dispoziția utilizatorilor a imaginilor satelitare ale suprafeței Pământului.

Un alt operator cu capital privat din SUA, Earth Watch Inc. Colorado, a proiectat construit și testat o serie de sateliți de teledetecție de rezoluție fină.

O data cu deschiderea programelor naționale către companii cu capital privat, a început și colaborarea între Agențiile spațiale naționale. Ca rezultat al acestor colaborări au fost interconectate într-o rețea globală și stațiile de recepție ale imaginilor satelitare. (în figura 16 prezentăm această rețea).

Astfel, la 24 decembrie 1997, de la baza Svobodnii din Rusia, a fost lansat cu o rachetă START – 1, și plasat pe o orbită polară heliosincronă cu altitudinea de 480 km, satelitul EarlyBird – 1. Din nefericire după patru zile de funcționare normală satelitul a fost pierdut la 28 decembrie 1997, datorită unui incident la sistemul de alimentare cu energie electrică de la bordul satelitelui.

La 24 septembrie 1999, Space Imaging – Denver Colorado, companie specializată în comercializarea imaginilor spațiale, fotografie aeriană și servicii de cartografiere, a anunțat lansarea cu succes de la VAFB (Vandenberg Air Force Base), cu ajutorul unei rachete de tip Athena II construită de Lockheed Martin, a satelitelui IKONOS – 1, primul satelit comercial cu rezoluție spațială foarte fină.

Franța, este prima țară europeană care în asociere cu Suedia și Belgia, a lansat un program de teledetecție spațială, comparabil cu cel american, prin plasarea pe orbita a satelitelui SPOT (Sattelite pour l'observation de la Terre) – 1984. Față de misiunea LANDSAT, sistemul SPOT prezintă două îmbunătățiri esențiale, și anume rezoluția imaginii precum și faptul că senzorii pot fi reglați ca poziție și deci pot furniza imagini oblice ale zonelor de interes.

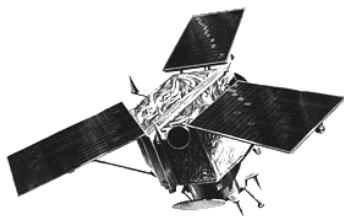


Figura 12. Satelitul IKONOS

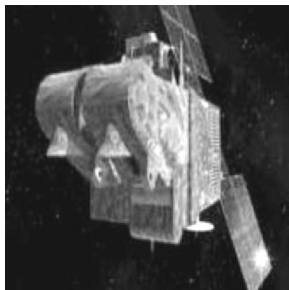


Figura 13. Satelitul SPOT

Constelația **SPOT** este, până acum, de 5 sateliți, completată prin programul Agenției Spațiale Europene cu (ERS 1 – 1991, ERS 2 – 1995, ENVISAT –,MSG – Meteo Second Generation – 2004, MetOp sau MTG – Meteo Third Generation 2006, ...).

Programul japonez de activități spațiale a demarat cu ajutorul Agenției americane (NASA) în iulie 1977 prin lansarea satelitului GMS – 1 destinat monitorizării zilnice a aspectelor climatice (GMS – Geostationary Meteorological Satellites). A urmat misiunea MOS – Marine Observation Satellite 1987, misiunea J-ERS – Japan Earth Resources Satellite 1992, misiunea ADEOS – Advanced Earth Observing Satellite 1996, respectiv ALOS – Advanced Land Observation Satellite 2006 cu menirea unei contribuții semnificative în domeniul cartografic, monitorizarea dezastrelor și aprecierea resurselor (Figura 14).

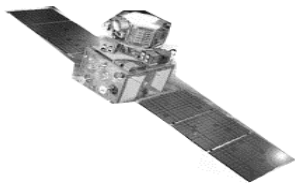


Figura 14. Satelitul ALOS –1.

Trebuie menționat și programul Canadian prezent cu sateliții cu senzori radar RADARSAT 1 – noiembrie 1995, respectiv RADARSAT 2 – decembrie 2007.

Programul indian de activități spațiale se desfășoară sub supervizarea Agenției Spațiale Indiene – ISRO – Indian Space Research Organization și include componenta de teledetecție. Programul a debutat în 1983 prin lansarea primului satelit din cadrul misiunii INSAT – Indian National Satellite System. Constelația INSAT cuprinde 21 de sateliți din care 11 sunt încă operaționali.

Prima generație de sateliți din cadrul misiunii IRS – Indian Remote sensing Satellite a debutat prin lansarea în martie 1988 a satelitului IRS 1A urmat de IRS 1B în august 1991. Constelația IRS este compusă din 15 sateliți din care 9 sunt încă operaționali. La fel ca în alte cazuri, și în programul Indian constatăm prezența capitalului privat. Astfel, compania cu capital privat West Indian Space în colaborare cu compania israeliană IAI – Israel Aircraft Industries, a proiectat și implementat constelația EROS – Earth Remote sensing Observation Satellites pe baza experienței sateliților israelieni de tip LEO – Low Earth Orbit. Astfel, au fost plasați pe orbită sateliții EROS A – decembrie 2000 respectiv EROS B – aprilie 2006.

Misiunile satelitare sovietice de teledetecție au fost în general, misiuni cu caracter militar. Arhivele de informații satelitare rusești au fost deschise în ultima vreme, cu scopuri comerciale, către utilizatori civili. Astfel, imaginile oferite, ating limite de rezoluție de cca 2 m, nemaîntâlnite în nici o altă misiune satelitară civilă, anterioară anilor 90.

Nu în ultimul rând trebuie amintită folosirea tehnicilor de teledetecție în cercetarea satelitelui natural al Pământului. Toate aceste cercetări s-au grupat în cadrul a patru programe americane – RANGER, SURVEYOR, LUNAR ORBITER respectiv APOLLO, și a două programe sovietice LUNA respectiv ZOND.

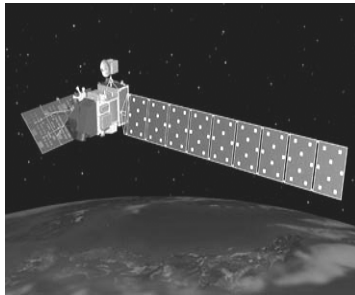


Figura 15. Satelitul IRS P6

Un instrument fundamental a fost dezvoltat, pentru uz general, la finele secolului XX și anume un sistem global de navigare. Primul sistem satelitar de navigare, **Transit**, utilizat de către Marina Statelor Unite, a fost testat cu succes în 1960, tehnologie ce a fost perfecționată în anii următori.

După ce zborul 007 al Liniilor Aeriene Coreene (KAL) a fost doborât pentru că a pătruns în spațiul aerian sovietic datorită unei erori de navigare (1983), Președintele Ronald Reagan a emis o directivă prin care GPS – Global Positioning System devine disponibil pentru uz civil, ca un bun comun. Primul satelit al acestui sistem a fost lansat în 1989 iar cel de al 24-lea în 1994. Compania NAVSTAR îl declară complet operațional în aprilie 1995.

Sistemul are o constelație de 24 de sateliți cu orbite circulare și o altitudine de 20.200 km, plasați în așa fel încât, din orice punct de pe suprafața Pământului, să fie vizibili minimum 4 sateliți.

Așa cum aminteam la început, fotografia aeriana nu putea sa acopere acuratețea necesara cercetărilor topografice fără cunoașterea coordonatelor camerei în momentul achiziției imaginii. Un sistem de navigare ca cel tocmai descris a putut asigura această cerință și a condus la relansarea teledetecției aeropurtate.

Astfel, instrumentele (senzori) care sunt montate pe sateliți pot fi acum montate și pe avioane special utilizate pentru măsuratori de teledetecție.

Agravarea situației ecologice în multe regiuni ale globului și mai ales situația planetei în întregul ei, reclamă eforturi din ce în ce mai mari în direcția studierii proprietăților generale ale ecodinamicii regionale și globale.

Această direcție de cercetare a fost subliniată îndeosebi în documentele lansate la **A Doua Conferință a Națiunilor Unite asupra Mediului și Dezvoltării (UNCED – 2)**, care a avut loc în iunie 1992, la Rio de Janeiro.

O teză de o importanță conceptuală deosebită, statuată cu această ocazie, constă în faptul că, principalul factor de limitare a dezvoltării umanității este cel al resurselor biosferei și al nivelului de consum al acestor resurse. Acest mod de punere a problemei se bazează pe conceptul de regularizare biotică a mediului înconjurător.

Derivă, de aici, necesitatea unui sistem de supraveghere globală, menit să monitorizeze dinamica mediului înconjurător, a cărui componentă principală este, fără îndoială, teledetecția satelitară și teledetecția aeropurtată.

În prima misiune satelitară de teledetecție comercială – LANDSAT – principalul sensor a fost o camera multispectrală. Imaginea multispectrală se obține prin măsurarea reflectanței materialelor de pe suprafața Pământului pentru câteva intervale de lungimi de undă ale spectrului luminos, separate prin segmente spectrale pentru care nu se efectuează măsurători. În misiunile următoare, pentru a răspunde cerințelor de monitorizare a mediului au fost dezvoltate senzori noi, așa-numiți senzori hiperspectrali. Aceștia, spre deosebire de cei multispectrali, măsoară radiația reflectată într-o serie de benzi spectrale înguste dar continue. Este de precizat că imaginile hiperspectrale nu sunt caracterizate de numărul mare de interval de lungimi de unda ci de continuitatea acestora.

Pe satelitul EO – 1 (Earth Observing 1 – noiembrie 2000) au fost instalați doi senzori hiperspectrali unul numit WIS – Wedge Imaging Spectrometer respectiv GIS – Grating Imaging Spectrometer iar pentru teledetecția aeropurtată a fost pus la punct senzorul AVIRIS (Airborne Visible / Infrared Imaging Spectrometer), acestea având ca obiectiv principal identificarea, măsurarea și monitorizarea constituenților suprafeței Pământului și a atmosferei acestuia. Cercetările bazate pe datele astfel obținute sunt concentrate pe înțelegerea proceselor relative la schimbările globale de climă și mediu.

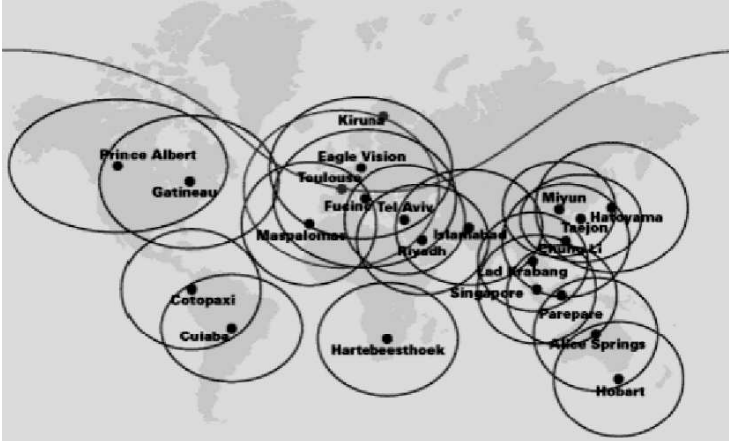


Figura 16. Harta stațiilor de recepție a datelor satelitare cu marcarea ariilor lor de acoperire.