

UNIVERSITATEA BUCUREȘTI
Școala Doctorală de Geologie

TEZĂ DE DOCTORAT

(rezumat)

**conducător științific:
prof.dr.Cornel Păunescu**

**Doctorand:
mat. Manuel Vais**

2011

UNIVERSITATEA BUCUREȘTI
Școala Doctorală de Geologie

TEZĂ DE DOCTORAT

**Contribuții la problema mișcării sateliților de
teledetecție și utilizarea imaginilor de teledetecție
pentru monitorizarea contaminării cu produse
petroliere în domeniul marin**

**conducător științific:
prof.dr.Cornel Păunescu**

**Doctorand:
mat.Manuel Vais**

2011

In memoriam

Prof. Iancu Vais
Prof.univ.dr. Nicolaie Oprescu

Cuprinsul – tezei.

Introducere	1
Folosirea sateliților artificiali ai Pământului în teledetecție	7
1. Programe pentru activități spațiale în domeniul teledetecției.	9
1.1. Stadiul actual al problemei mișcării sateliților artificiali de teledetecție.	9
1.2. Programul american de activități spațiale în domeniul teledetecției.	11
1.3. Programul japonez de activități spațiale în domeniul teledetecției.	34
1.4. Programul francez de activități spațiale în domeniul teledetecției.	42
1.5. Programul indian de activități spațiale în domeniul teledetecției.	48
1.6. Programul Agenției Spațiale Europene în domeniul teledetecției.	55
1.7. Programul canadian de activități spațiale în domeniul teledetecției.	61
1.8. Programul rusesc de activități spațiale în domeniul teledetecției.	64
1.9. Tehnici de teledetecție folosite în studiul Lunii.	68
1.10. Programul Republicii China (Taiwan) de activități spațiale în domeniul teledetecției.	72
1.11. Programul italian de activități spațiale în domeniul teledetecției.	74
1.12. Tabel recapitulativ al sateliților de teledetecție.	75
1.13. Sisteme satelitare globale de navigație (GNSS).	77
2. Problema generală a centrelor fixe.	79
2.0. Sisteme de coordonate curbilinii utilizate în ecuațiile diferențiale ale mișcării unui punct material.	80
2.1. Problema clasică a două centre fixe.	84
2.2. Problema la limită a două centre fixe.	90
2.3. Problema generalizată a două centre fixe.	92
2.4. Problema celor trei centre fixe.	106
2.5. Problema celor patru centre fixe.	113
2.6. Prezentarea comparativă a problemei celor patru cinci respectiv șase centre fixe.	120
2.7. Problema celor șase centre fixe.	126

3. Orbite intermediare.	135
3.1. Calculul orbitei intermediare a unui satelit artificial pe baza problemei celor două centre fixe	136
3.2. Caracteristicile orbitelor sateliților de teledetecție.	164
4. Contribuțiile autorului.	
4.1. Implicarea autorului în programul românesc de activități spațiale în domeniul teledetecției.	167
4.2. Considerații asupra programului de calcul al orbitelor intermediare pentru sateliții artificiali de teledetecție.	170
5. Tehnici de GIS și teledetecție utilizate în monitorizarea petelor de petrol Studiu de caz.	
5.1. GIS și tehnici aferente.	181
5.2. Utilizarea imaginilor satelitare de teledetecție.	189
5.3. Recunoașterea faliilor în imagini satelitare de teledetecție.	195
5.4. Poluarea cu hidrocarburi a mediului marin (ofshore).	201
5.5. Monitorizarea petelor de petrol în Marea Neagră – Studiu de caz.	
5.5.1. Descrierea problemei	203
5.5.2. Metodologia utilizată în monitorizarea petelor de petrol în Marea Neagră	208
5.5.3. Concluzii privind utilizarea imaginilor de teledetecție în monitorizarea petelor de petrol pe suprafețe marine	209
6. Concluzii	210
Lista abrevierilor folosite în această teză precum și în literatura de specialitate.	212
Bibliografie	222

Introducere.

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 - Commission ministérielle de la terminologie de la télédétection aérospatiale - 1988).

Introducerea continuă cu istoria utilizării imaginilor aeriene în diferite domenii, precum și primele imagini spațiale obținute în diferite misiuni spațiale. Toate aceste imagini au stat la baza primului satelit de teledetecție LANDSAT și importanta și bogata bibliotecă de imagini obținute de această importantă misiune de teledetecție.

Deși ideea unui satelit artificial al Pământului datează probabil din 1870 (conform Enciclopediei Britanice), după 1957 – anul lansării primului satelit artificial au fost plasați, pe orbite în jurul Pământului, câteva sute de astfel de sateliți atât pentru cercetări științifice cât și în alte scopuri cum ar fi comunicațiile, culegere de date meteorologice, date utilizate în managementul resurselor Pământului, sau în scopuri militare.

Observări sistematice de pe orbite satelitare ale Pământului au început în anul 1960, o dată cu lansarea satelitului TIROS 1, primul satelit meteorologic care a utilizat un sistem de achiziție de imagini, cu rezoluție joasă.

A urmat satelitul NIMBUS, în cadrul **programului IRLS (Interrogation, Recording, and Location System)** dezvoltat de NASA, program menit să demonstreze fezabilitatea utilizării sateliților artificiali în scopul culegerii de date meteorologice.

Principalele programe de cercetări spațiale în domeniul teledetecției sunt de asemeni prezentate în primul capitol al tezei, misiunii LANDSAT fiindu-i alocat un spațiu important.

În același capitol sunt prezentate tehnicile de teledetecție folosite pentru cercetarea Lunii - satelitul natural al Pământului.

Este inclusă, de asemeni, o scurtă prezentare al Sistemului de Navigație Globală Satelitară.

Global Navigation Satellite System (GNSS) este termenul folosit pentru sistemele de navigare satelitare care furnizează poziționarea geospațială în mod independent oriunde pe suprafața Pământului. Altfel spus, existența unui GNSS, permite unor echipamente receptoare electronice mici, să determine cu o precizie acceptabilă, poziția lor, utilizând timpul unor semnale transmise în lungul unei linii de vizare, de către echipamente radio de pe sateliții sistemului.

Un tabel cu caracteristicile orbitale al acestor misiuni satelitare prezentate în primul capitol este inclus aici.

Principalele misiuni satelitare de teledetecție.

Satelit	Tipul orbitei	H (km)	i	T (sec)	Ciclu (zile)
LANDSAT MSS 1-2-3	Helio sincronă, cvasi polară	919	99,09°	6180	18
SEASAT	non helio sincronă	800	108°	6006	152
LANDSAT – TM 4-5	Helio sincronă; cvasi polară	705	98,2°	5940	16
LANDSAT- ETM 6-7	Helio sincronă; cvasi polară	705	98,2°	5940	16
EOS – AM1	Helio sincronă; cvasi polară	705	98,2°	5940	16
EO – 1	Helio sincronă; cvasi polară	705	98,2°	5940	16
EOS – PM1(A-Train) • Aqua • Aura • PARASOL • CloudSat • Calipso • Glory • GCOM – W1	eliptică Helio sincronă; cvasi polară	708 691	98,14°	5904	16
OrbView – 1	Helio sincronă; cvasi polară	740	98,2°		< 2
OrbView – 2	Helio sincronă; cvasi polară	708	98,2°	5940	< 2
OrbView – 3	Helio sincronă; cvasi polară	470	97,25°		< 3
OrbView – 4	Helio sincronă; cvasi polară	470	97,25°		< 3
OrbView – 5	Helio sincronă; cvasi polară				
Earlybird	Helio sincronă; polar	480	97.3°	5648	2-5
Quikbird	non Helio sincronă	600	66°		
Ikonos 1-2	Helio sincronă; cvasi polară	681	98,1°	5880	2.9
WorldView – 1	Helio sincronă; cvasi polară	496		5904	1.7
WorldView – 2	Helio sincronă; cvasi polară	770		6000	1.7
MOS	Helio sincronă	909	98,2°	6180	17
J – ERS	Helio sincronă	568	98°	5760	44
TRMM	Helio sincronă	346	35°	5478	
ADEOS	Helio sincronă	800	98,6°	6060	41

Satelit	Tipul orbitei	H (km)	i	T (sec)	Ciclu (zile)
ADEOS – 2	Helio sincronă	802.9	98,62°	6060	40
ALOS	Helio sincronă	700	98°		
SPOT	Helio sincronă; cvasi polară	832	98,7°	6087.6	26
FormoSat – 1		600	35°	5802	
FormoSat – 2	Helio sincronă Circulară	891	99,1°		1
IRS	Helio sincronă	817	98,69°	6030	24
IRS – P4 (Oceansat-1)	Helio sincronă near-circular	727	98.4°	5964	
EROS – A	Helio sincronă	480		5400	
EROS – B	Helio sincronă	600		5400	
CartoSat 1	Helio sincronă Eliptică	632 621	98,87°		
CartoSat 2	Helio sincronă; cvasi polară	630	97.91°	7200	
ERS faza 1	Helio sincronă; cvasi polară	785	98,516°	6000	3
ERS faza 2	Helio sincronă; cvasi polară	782	98,543°	6000	35
ERS faza 3	Helio sincronă; cvasi polară	770	98,491°	6000	168
ENVISAT	Helio sincronă	799,8	98,55°	6035.4	35
RADARSAT	Helio sincronă	798	98,6°	6042	24
RESURS – 01	Helio sincronă	678	98,04°	5880	21
OKEAN O – 1	Circulară	664	98°	5880	21
CBERS China Brazil Earth Resources Satellite	Helio sincronă	778			
COSMO SkyMed <ul style="list-style-type: none"> • COSMO – 1 • COSMO – 2 • COSMO – 3 • COSMO – 4 	Circulară	619	97.86°		½
RazakSat	NEO – Near Equatorial Orbit Helio sincronă cvasi-circular	695 675	9°		
RapidEye <ul style="list-style-type: none"> • Tachis • Mati • Choma • Choros • Trochia • Argo (Taiwan) 	Helio sincronă Circulară	620	97.79°		

II. Problema generală a centrelor fixe.

În capitolul doi se consideră o problema “restrânsă” a mecanicii cerești – problema unui punct material atras (sau respins) de mai multe centre fixe punctuale. Punctul material nu acționează în nici un fel asupra centrelor fixe, și definește, din această cauză, o acțiune pasivă. Fiecare dintre centrele fixe posedă o oarecare masă finită, dar nu presupune nici o acțiune asupra oricăruia dintre celelalte puncte fixe

Forța, cu care fiecare centru punctual fix acționează asupra punctului liber, punct material care este în mișcare pasivă, se presupune a fi orientată pe direcția care unește aceste puncte. Ca mărime această forță este presupusă proporțională cu produsul maselor acestor puncte și într-o dependență oarecare de distanța dintre ele. În cel mai general caz, această funcție poate de asemenea să depindă de primele două derivate în raport cu timpul a distanței menționate.

Dacă numărul centrelor fixe este egal cu doi, iar legea forței este legea atracției newtoniene, și anume invers proporționalitatea ei cu pătratul distanței reciproce, vom avea problema clasică a două centre fixe.

Soluția prin cuadraturi a problemei plane a celor două centre fixe a fost pusă în evidență pentru prima oară, de Euler [Euler 1760] pentru cazul mișcării în plan. Cazul general a fost rezolvat prin cuadraturi eliptice de către Lagrange [Lagrange] și Jacobi [Jacobi 1843].

Ecuția traiectoriilor, pentru anumite tipuri de mișcări au fost date de Legendre, care a dezvoltat teoria integralelor eliptice [Legendre]. Din numeroasele lucrări legate de această problemă, merită menționate cea a lui J. Andrade [Andrade 1890], dedicată unei metode de obținere a ecuațiilor parametrice ale orbitei, cea a lui Königsberger [Königsberger 1860], care a propus rezolvarea problemei prin exprimarea integralelor eliptice în funcție de integrale Euler.

Mai putem menționa lucrările lui Welde [Welde 1889, Welde 1890], Hiltebeitel [Hiltebeitel 1911], Charlier C.L. [Charlier 1966], Tallqvist H. [Tallqvist 1927] și Badalijan G. [Badalijan 1934, Badalijan 1939]^{*)}.

Această problemă, în mecanica cerească clasică, a avut doar o valoare teoretică, și a câpătat și o valoare practică, în ultima vreme, având în vedere noile dezvoltări ale acestei științe - și anume teoria mișcării sateliților artificiali ai unei planete din Sistemul nostru Solar.

Menționăm astfel, lucrările publicate de Newton R. [Newton 1959], Demin V.G. [Demin 1960], Aksenov E.P., Grebenikov E.A., și Demin V.G. [Aksenov și alții 1961 și 1963] pentru problema celor două centre fixe, ultima dintre cele citate dând soluția problemei generalizate a două centre fixe, soluție care stă la baza calculului orbitelor intermediare ale sateliților artificiali ai Pământului.

Anii următori au pus în evidență cercetări deosebite în direcția dezvoltării teoretice, și nu numai, a problemei centrelor fixe. Astfel sunt de menționat lucrările lui Kozlov I.S. privind problema celor patru centre fixe, [Kozlov 1974, Kozlov 1975], cele ale lui Arazov G.T. privind problema a trei respectiv cinci centre fixe, [Arazov 1975, Arazov 1976, Arazov și Gabibov 1977, Arazov 1980, Arazov 1981, Arazov 1983 și Arazov și Gabibov 1984], precum și cele ale lui Lukașevici E.L., privind problema a șase centre fixe [Lukașevici 1979 a, Lukașevici 1979 b, Lukașevici 1979 c]. Trebuiește menționată contribuția lui Duboșin G.N. [Duboșin 1978] la generalizarea problemei pentru n centre fixe.

Astfel, în acest al doilea capitol sunt prezentate toate aceste probleme, iar pentru problema celor șase centre fixe am pus în evidență anumiți coeficienți care asigură echivalența soluției generalizate a problemei celor două centre fixe cu cea similară a problemei celor șase centre fixe. I-am numit coeficienții lui Lukașevici, și pe baza unui program în limbajul FORTRAN, contribuție a autorului, am calculat acești coeficienți pentru sateliții de teledetecție descriși în primul capitol.

^{*)} Referințele bibliografice, privind tratarea problemei celor două centre fixe, anterioare anului 1950, sunt preluate din [Demin 1960].

Coefficienții Lukașevici pentru sateliții de teledetecție.

Satelit	H	i	$L_{\xi}^* \cdot 10^{-7}$ ($L_{\xi} = 1 + L_{\xi}^*$)	L_{η_1}	$L_{\eta_2} = L_0$ ($\cdot 10^{-3}$)
LANDSAT MSS	919	99,09°	2.942728	-10.501590	-2.460190
SEA SAT	800	108°	3.060146	-10.501613	-2.500835
LANDSAT - TM	705	98,2°	3.139510	-10.501623	-2.535572
LANDSAT- ETM	705	98,2°	3.139510	-10.501623	-2.535572
EOS – AM1	705	98,2°	3.139510	-10.501623	-2.535572
EO - 1	705	98,2°	3.139510	-10.501623	-2.535572
EOS – PM1	705	90°	3.126032	-10.501617	-2.536502
Orb View	740	70°	3.049409	-10.501590	-2.526819
Early bird	480	97,3°	3.376486	-10.501664	-2.619449
Quik bird	600	66°	3.177974	-10.501609	-2.578848
Ikonos	681	98,1°	3.163214	-10.501627	-2.544288
MOS	909	98,2°	2.950229	-10.501591	-2.463689
J - ERS	568	98°	3.280290	-10.501647	-2.586023
TRMM	346	35°	3.380542	-10.501620	-2.682854
ADEOS	800	98,6°	3.049034	-10.501608	-2.501594
ADEOS - 2	802.9	98,62°	3.046364	-10.501607	-2.500569
ALOS	700	98°	3.144156	-10.501624	-2.537401
SPOT	832	98,7°	3.019661	-10.501603	-2.490338
IRS	817	98,69°	3.033410	-10.501605	-2.495600
Oceansat - 1	727	98,4°	3.118244	-10.501619	-2.527618
ERS faza 1	785	98,516°	3.062945	-10.501610	-2.506906
ERS faza 2	782	98,543°	3.065805	-10.501611	-2.507967
ERS faza 3	770	98,491°	3.077067	-10.501613	-2.512233
ENVISAT	799,8	98,55°	3.049150	-10.501608	-2.501670
RADARSAT	798	98,6°	3.050897	-10.501608	-2.502300
RESURS - 01	798	98,04°	3.050105	-10.501608	-2.502334
OKEAN O - 1	664	98°	3.180175	-10.501630	-2.550498

III. Orbite intermediare.

Teoria mișcării sateliților artificiali ai Pământului acoperă cronologic două direcții succesive de abordare:

- * teoria mișcării neperturbate - aparent teoretică;
- * teoria mișcării perturbate - vizibil practică.

În multe lucrări asupra teoriei mișcării perturbate, drept orbită **intermediară** este aleasă **orbita eliptică kepleriană**, rezultată din rezolvarea problemei clasice a două corpuri.

Acest mod de abordare, îl regăsim în lucrări de prestigiu, ale multor autori, din care cităm: **Brower D. [Brower 1959, Brower și Hori 1961], Kozai I. [Kozai 1959; Kozai 1961 a, b; Kozai 1962]**. Aceștia au folosit una din cele mai puternice metode și anume - metoda lui Delaunay - von Zeipel.

Alegerea ca orbită intermediară a orbitei kepleriene, prezintă avantajul că, în calculul perturbațiilor se pot folosi realizările detaliate ale mecanicii cerești clasice, și anume, cu modificări ne semnificative, dezvoltările în serie ale coordonatelor mișcării neperturbate.

Totuși, trebuie avut în vedere, contextul în care au fost elaborate și dezvoltate aceste teorii. Cazul corpurilor naturale din Sistemul Solar, caracterizate de înclinări ale orbitelor foarte mici, de intervalul de timp în care este studiată mișcarea, corespunzând câtorva sute de revoluții, condiții care de departe nu sunt îndeplinite în problema mișcării sateliților artificiali ai Pământului, pentru a cărei prognozare se iau în discuție sute și mii de revoluții ale satelitelui.

Pe de altă parte, o serie de sateliți plasați pe orbite circumterestre au orbite cu excentrități foarte mari, depășind cunoscuta limită a lui Laplace ($e = 0,667$), care definește domeniul de convergență a dezvoltării în serie a coordonatelor și, prin urmare, și a dezvoltării în serie a funcției perturbatoare.

O alternativă la metodele clasice ale teoriei perturbațiilor, este folosirea **orbitelor intermediare nekepleriene**.

Probabil, prima încercare în această direcție este lucrarea lui **R.Newton [Newton 1959]**, asupra posibilității aplicării problemei celor două centre fixe în teoria mișcării sateliților unei planete sferoidale. Această idee se găsește în dezvoltarea dată de **Demin [Demin 1961]**.

Semnificative în această direcție sunt lucrările lui **B. Garfinkel [Garfinkel 1959], R. Barrar [Barrar 1961], și Îndeosebi lucrările lui John Vinti [Vinti 1959 a, b; 1961; 1962 a,b], respectiv Kislik [Kislik 1959]**, privind alegerea unei orbite intermediare neperturbate pentru sateliții artificiali ai Pământului, în cazul particular al unui corp sferoidal și cu simetrie față de planul Ecuatorial.

Merită menționat că soluția lui Barrar, caracterizată printr-o simplitate deosebită, și-a găsit aplicație în construirea teoriei mișcării sateliților artificiali ai Pământului cu orbite înalte.

Aksenov, Grebenikov și Demin [**Aksenov și alții 1963**] au prezentat o **generalizare a problemei celor două centre fixe**, în așa fel încât, variantele de integrabilitate Vinti, Barrar și Kislik reprezintă cazuri particulare sau la limită ale problemei generalizate.

Ideea de bază a lucrărilor menționate, constă în construirea unei astfel de aproximări a potențialului gravitațional al unei planete cu simetrie liniară care să păstreze integrabilitatea prin cuadraturi a problemei.

În acest capitol este dezvoltată această teorie.

IV. Implicarea autorului în programul românesc pentru activități spațiale și teledeteție.

Primele preocupări privind asimilarea și folosirea tehnicilor de teledeteție au apărut în România, în cadrul Catedrei de fotogrametrie de la Facultatea de căi ferate, drumuri, poduri și geodezie din cadrul Institutului de Construcții București, sub îndrumarea prof.univ dr.ing. Nicolaie Oprescu NASA PI (Principal Investigator) cod G – 27940[Oprescu 1977].

Ulterior, preocupările au fost sprijinite și apoi coordonate de către Comisia Română pentru Activități Spațiale din cadrul Consiliului Național pentru Știință și Tehnologie, comisie care a editat în acest scop Buletinul Român de Teledeteție.

În cadrul colaborării cu această catedră, autorul a elaborat un pachet de programe de prelucrarea datelor digitale LANDSAT[Vais 1980], utilizat în toate contractele de cercetare care aveau ca partener Catedra de fotogrametrie a Facultății.

Acest pachet de programe, rezultat al folosirii cunoștințelor de matematică (prelucrări statistice) acumulate și experiența de programator a autorului, împreună cu bogata experiență în fotogrametrie și teledeteție a profesorului Nicolaie Oprescu, a fost constituit din trei componente, și anume:

- o componentă de transformare a formatului înregistrărilor LANDSAT într-unul proiectat de noi;
- o componentă de calcul;
- o componentă pentru clasificare nesupervizată;
- o componentă de furnizare a unor rapoarte necesare interpretării, obținute atât din datele inițiale, cât și din cele transformate (ex. histograme uni și bi-dimensionale, egalizarea histogramei și aplicarea acesteia asupra imaginii inițiale, densitometrări, hărți tematice).

Toate programele, cu o singură excepție și anume programul de preluare a datelor din formatul nestandard pus la dispoziție de furnizor în mod necesar în limbaj de asamblare, au fost scrise în limbajul COBOL pentru calculatoarele Felix 1024, funcțiile matematice fiind generate în acest limbaj, de către autor. Alegerea acestui limbaj a fost impusă de facilitățile oferite pentru lucrul cu volume mari de date spre deosebire de limbajul FORTRAN dezvoltat pentru facilități de lucru pentru volume mari de calcul cu date de intrare în număr mic.

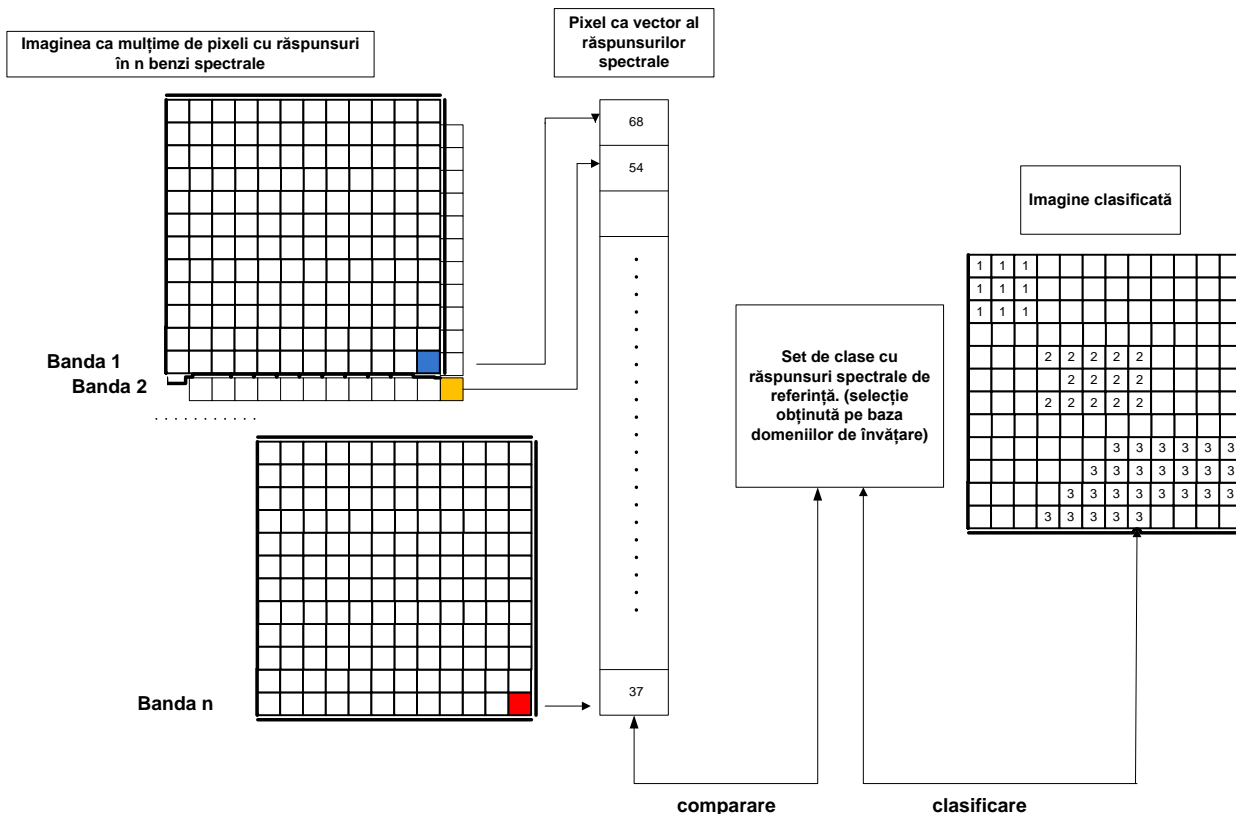
Componenta de calcul s-a bazat pe transformata matricială Karhunen – Loeve, care asigură compresia unui spațiu cu minim patru dimensiuni, ca în cazul înregistrărilor LANDSAT – MSS în care fiecare pixel, (pixel = picture element = element de imagine), este caracterizat de patru răspunsuri spectrale, într-un spațiu cel mult bi – dimensional. Cunoscută și ca **transformata componentei principale**, ea clasifică pachetul de programe, în clasa aplicațiilor de tip PCA, (Principal Component Analysis). Totodată, la calculul histogramei egalizate, s-a folosit algoritmul numeric pentru transformata Fourier.

Acest format are la bază considerarea pixelului ca element al unui spațiu vectorial al răspunsurilor spectrale. În același timp fiecare pixel este caracterizat de numărul liniei respectiv coloanei din cadrul imaginii, ceea ce permite refacerea imaginii în formatul inițial.

Structura înregistrării este:

Numărul liniei de baleiere	Numărul pixelului în cadrul liniei	Pixel ca vector al răspunsurilor spectrale					Pixel ca vector al răspunsurilor spectrale					Cod de eșantion	
		Banda spectrală 1	Banda spectrală 2	Banda spectrală 3	Banda spectrală	Banda spectrală n	Componenta Principala 1	Componenta Principala 2	Componenta Principala 3	Componenta Principala	Componenta Principala n		

Schema de formare a acestui spațiu vectorial este prezentată mai jos incluzând și schema aferentă clasificării nesupervizate:



Menționăm că, la stabilirea formatului informațiilor de intrare, s-a avut în vedere posibilitatea aplicării acestui pachet de programe, la orice înregistrare multispectrală (LANDSAT TM, LANDSAT ETM, SPOT, etc.), prin extinderea dimensiunii spațiului răspunsurilor spectrale.

După anul 1991, înființarea Agenției Spațiale Române (A.S.R.), a diversificat colaborarea între autor și catedra sus menționată, prin contracte de cercetare [Vais 1993, Vais 1995, Vais 1996], materializate și prin comunicări la diverse manifestări științifice internaționale [Vais, Oprescu și alții 1995, 1996, 1997, 1997a, 1998]. În anul 1996, am beneficiat, din partea PETROM, de un stagiu de practică și documentare la **Laboratorul de Teledetecție și GIS al Departamentului de Geografie** din cadrul Universității din Nottingham, sub îndrumarea prof. Paul M. Mather. Practica a constat în prelucrarea unor imagini LANDSAT, aferente teritoriului României, folosind software – ul ERDAS. Rezultatele obținute, au fost incluse în raportul de cercetare pentru contractul A.S.R. nr. (exemple în figurile 4.2 și 4.3) [Vais 1996].

În compania de petrol la care am lucrat, am generat și implementat proiecte de GIS iar pentru utilizarea datelor și imaginilor de teledetecție am generat proiectul de monitorizarea petelor de petrol prezentat în capitolul 5. Noutatea abordării se concretizează în utilizarea în afara imaginilor RADAR a pseudo imaginilor multitemporale. Pseudo imaginile se obțin fie prin fuziunea imaginilor panchromatic, cu rezoluție superioară, cu imagini multispectrale cu rezoluție inferioară, fie prin fuziunea imaginilor RADAR cu imagini multispectrale cu rezoluții identice sau diferite, fie prin fuziunea aceluiași tip de imagini dar achiziționate la momente diferite acestea din urmă numindu-se imagini multitemporale.

O abordare cu caracter de noutate se referă la utilizarea imaginilor hiperspectrale. Pentru acestea din urmă se va construi o bază de date cu răspunsuri și comportamente spectrale

atât pentru hidrocarburi cât și pentru coloniile marine de alge elemente specifice proceselor de monitorizare a poluărilor în mediul marin.

În același capitol este inclus software-ul FORTRAN pentru calculul orbitelor satelitare intermediare, care cuprinde o ramură special for problema celor șase centre fixe menționata în capitolul III.

V. Tehnici de GIS și teledetecție utilizate în monitorizarea petelor de petrol – Studiu de caz.

După prezentarea tehnicilor de GIS și teledetecție am inclus următorul studiu de caz:

Petele de petrol în Marea Neagră, pot fi rezultatul unui accident în activitatea de explorare, în forajul sondelor respectiv în activitatea de exploatare (extracție) țiței și gaze sau a unei acțiuni iresponsabile de deversare a deșeurilor petroliere din containere marine.

Aceste tipuri de accidente de poluare se raportează la nivelul organismelor internaționale și, în acelaș timp, se monitorizează din punct de vedere al impactului de mediu.

Spre deosebire de accidentele pe râuri, cele pe mări și oceane respectiv zone de coastă, presupun suprafețe întinse a căror monitorizare necesită mijloace aeriene și / sau satelitare. Aici se regăsesc misiunile satelitare de teledetecție pentru suplimentarea altor observații aeriene.

Multitudinea misiunilor satelitare în operare impune existența unei strategii și a unei metodologii în alegerea și utilizarea imaginilor satelitare de teledetecție.

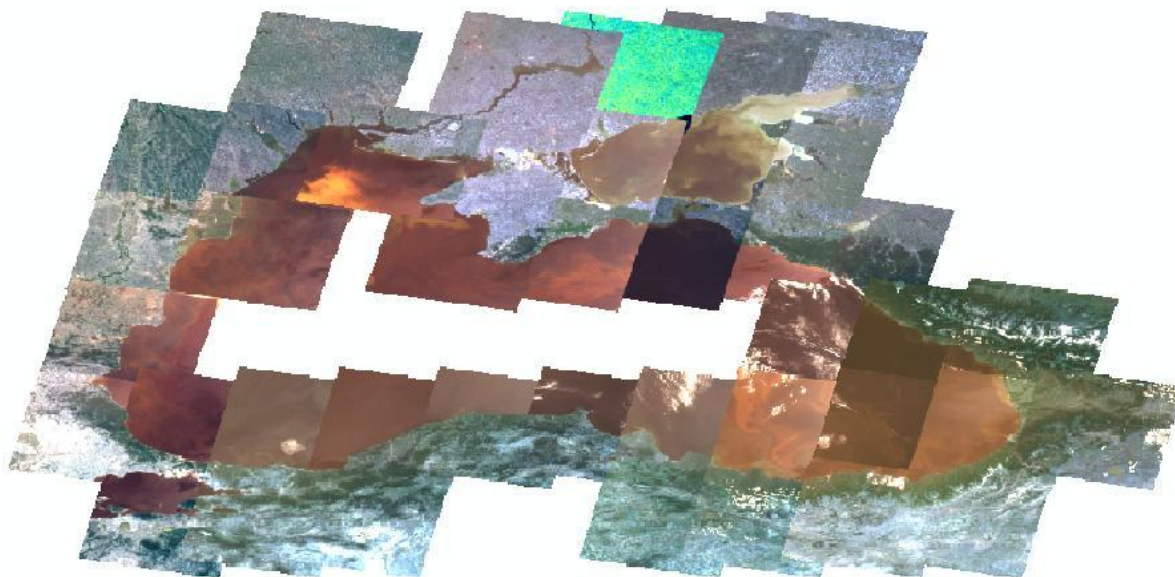
Imaginile satelitare obținute cu senzori optici (imagini panchromatic alb – negru sau imagini color – multispectrale) au unele dezavantaje și anume:

- Vizibilitate redusă în condiții de acoperire cu nori, sau în general, în alte condiții de vreme neprielnică;
- Alarmer false datorită strălucirii solare, reflectarea eronată datorată caracteristicilor de fund al mării;
- Umbra norilor;
- Materiale de natura biologică care dau impresia unor pete de petrol;
- Situații în care produsele petroliere nu pot fi văzute sau distinse față de mediul înconjurător;

Aceste dezavantaje pot fi suplinite prin alegerea imaginilor RADAR, care nu depind de iluminarea suprafeței de apă.

Tehnicile de procesare a imaginilor RADAR implementate în noile versiuni ale software – urilor ERDAS și ENVI asigură identificarea petelor de petrol chiar în situația unor pete subțiri.

Pentru exemplificarea utilizării imaginilor de teledetecție, am selectat 41 de imagini LANDSAT ETM+ prelucrate cu ajutorul software-ului specializat în prelucrări de imagini de teledetecție – ENVI (ITT Solution), georeferențiate în ArcMap (software GIS-ESRI) și mozaicate cu componente ale software-ului ArcGIS Desktop, rezultând o acoperire a bazinului Mării Negre cu includerea zonelor costiere.



Acoperire cu imagini Landsat ETM a bazinului Mării Negre

Diferențele de culoare provin de la perioadele diferite ale achiziției imaginilor, care sunt „free”, iar în situația dezvoltării unui proiect ele vor trebui a fi achiziționate în perioade compatibile. Tabelul următor indică indexul imaginilor LANDSAT ETM+ și coordonatele geografice ale colțurilor acestora măsurate în grade de arc iar minutele și secunde de arc transformate în zecimale de grad.

Imagini LANDSAT ETM+ pentru Bazinul Mării Negre.

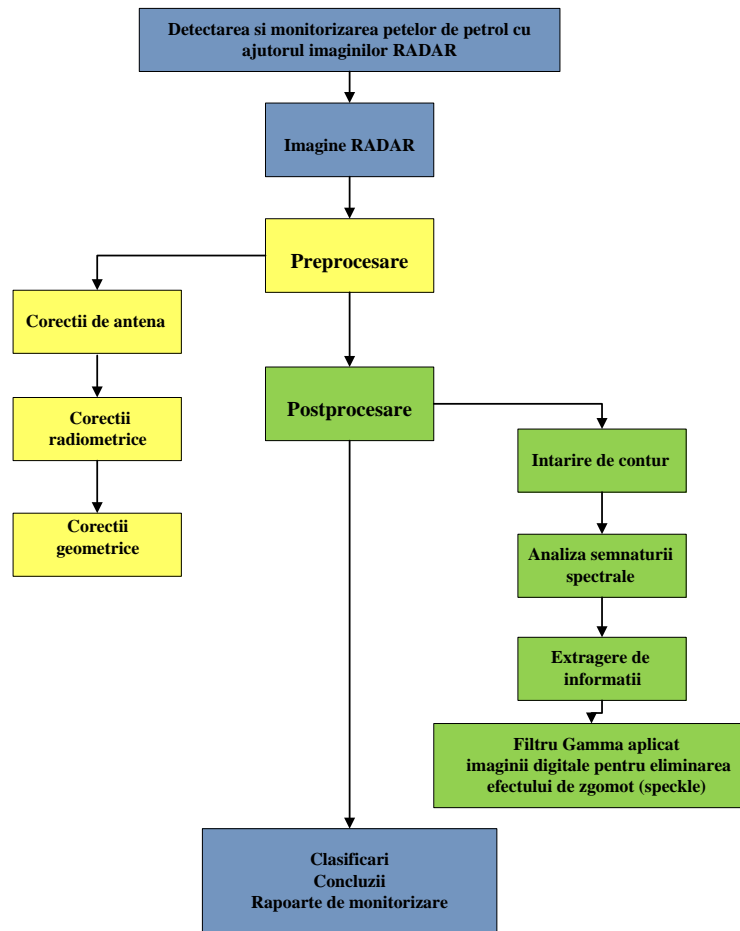
Orbită	Data înregistrării	Coordonatele geografice ale colțurilor imaginii							
		Stânga - sus		Dreapta - sus		Stânga - jos		Dreapta - jos	
		X = longitudine	Y = latitudine	X = longitudine	Y = latitudine	X = longitudine	Y = latitudine	X = longitudine	Y = latitudine
181 28	25.05 .2001	28,0930253	47,0103412	30,4548008	46,6643278	27,5306109	45,3996551	29,8292663	45,0664424
181 29	07.06 .2000	27,6221596	45,5876630	29,9268388	45,2399744	27,0835447	43,9699711	29,3294641	43,6447459
181 30	23.07 .1999	27,1689595	44,1456460	29,4193742	43,8155703	26,6484673	42,5382168	28,8436606	42,2190098
181 31	25.07 .2000	26,6951158	42,7228899	28,8922823	42,4014750	26,1938696	41,1107494	28,3392791	40,7992531
180 27	21.07 .2001	30,1390855	48,4262567	32,5665791	48,0715310	29,5552150	46,8187892	31,9141208	46,4756503
180 28	19.08 .2000	29,6397434	47,0029054	32,0047186	46,6580670	29,0787571	45,3963797	31,3790554	45,0612630
180 29	02.07 .2000	29,1464523	45,5731361	31,4517776	45,2367252	28,6079755	43,9658233	30,8524651	43,6390724
180 31	02.07 .2000	28,2071621	42,7187305	30,4056036	42,3965088	27,7050327	41,1070481	29,8522450	40,7964046
180 32	02.07 .2000	27,7607740	41,2897370	29,9121148	40,9756191	27,2752056	39,6764047	29,3762315	39,3722922
179 28	14.05 .2002	31,1989577	47,0165244	33,5630328	46,6702439	30,6372483	45,4049192	32,9370543	45,0704412
179 31	12.06 .2001	29,7508906	42,7259485	31,9506504	42,4056188	29,2478687	41,1104411	31,3932572	40,7989187
179 32	12.06 .2001	29,3054929	41,2986371	31,4568218	40,9859130	28,8198694	39,6815329	30,9198321	39,3761666
178 27	21.08 .2000	33,2462203	48,4251597	35,6720435	48,0692204	32,6637958	46,8196351	35,0219926	46,4770361

Imagini LANDSAT ETM+ pentru Bazinul Mării Negre.

Orbită Linie	Data înregistrării	Coordonatele geografice ale colțurilor imaginii							
		Stânga - sus		Dreapta - sus		Stânga - jos		Dreapta - jos	
		X = longitudine	Y = latitudine	X = longitudine	Y = latitudine	X = longitudine	Y = latitudine	X = longitudine	Y = latitudine
178 28	21.08 .2000	32,7286356	47,0016437	35,0915932	46,6555859	32,1684218	45,3942689	34,4675429	45,0605156
178 29	21.08 .2000	32,2307561	45,5765879	34,5364223	45,2397066	31,6933048	43,9684315	33,9392674	43,6415328
178 31	21.08 .2000	31,2912890	42,7218410	33,4911123	42,4001295	30,7893926	41,1085303	32,9355194	40,7972519
178 32	04.07 .2000	30,8513546	41,2896509	33,0010638	40,9762176	30,3665720	39,6771616	32,4666874	39,3717137
177 27	16.07 .2001	34,7775285	48,4239999	37,2044619	48,0681909	34,1914461	46,8159793	36,5515156	46,4741101
177 28	03.07 .2002	34,2872327	47,0096049	36,6533200	46,6632838	33,7239358	45,3967976	36,0267993	45,0639392
177 29	10.05 .2000	33,8036765	45,5760943	36,1097590	45,2382145	33,2658063	43,9686661	35,5138509	43,6431470
177 31	13.07 .2000	32,8507206	42,7206318	35,0490583	42,3985223	32,3510463	41,1091747	34,4939720	40,7976103
176 27	09.05 .2002	36,3365051	48,4381792	38,7650895	48,0833906	35,7496860	46,8283307	38,1092422	46,4855442
176 28	09.05 .2002	35,8167504	47,0148935	38,1833422	46,6699971	35,2545059	45,4038260	37,5558607	45,0695368
176 29	22.09 .1999	35,3580309	45,5775219	37,6651836	45,2409585	34,8186097	43,9711743	37,0650069	43,6441522
176 31	01.08 .1999	34,4318061	42,7248683	36,6316838	42,4023926	33,9318703	41,1144220	36,0744782	40,8032701
175 27	21.07 .2002	37,9039454	48,4299464	40,3300221	48,0743944	37,3172786	46,8190431	39,6753776	46,4762463
175 28	13.06 .2000	37,3663746	46,9987745	39,7304710	46,6533956	36,8074218	45,3929220	39,1075571	45,0586065
175 29	02.07 .2001	36,8852911	45,5793531	39,1910633	45,2426989	36,3457522	43,9679023	38,5915718	43,6413260
175 31	04.08 .1999	35,9718106	42,7209734	38,1720416	42,3992182	35,4694734	41,1102679	37,6148862	40,7984551
175 32	13.06 .2000	35,4835347	41,2913880	37,6351741	40,9786641	34,9987542	39,6786046	37,0982310	39,3735711
174 29	09.08 .2000	38,4397217	45,5744691	40,7451342	45,2369640	37,9011819	43,9665143	40,1466593	43,6401537
174 30	09.08 .2000	37,9612349	44,1490026	40,2096390	43,8201577	37,4413897	42,5376519	39,6374954	42,2184533
174 31	22.06 .2000	37,4671408	42,7189404	39,6666638	42,3977030	36,9648822	41,1079146	39,1098463	40,7972177
174 32	22.06 .2000	37,0208227	41,2903802	39,1721357	40,9766026	36,5376802	39,6773236	38,6357556	39,3726226
173 30	06.09 .2001	39,4893372	44,1480586	41,7380770	43,8183817	38,9695082	42,5349019	41,1657077	42,2156894
173 31	19.09 .2000	39,0470423	42,7232860	41,2468421	42,4002047	38,5445212	41,1095886	40,6989334	40,7985002
173 32	17.07 .2000	38,5840858	41,2943234	40,7348797	40,9803629	38,1004910	39,6804392	40,1991799	39,3765100
172 30	18.09 .2000	41,0363373	44,1491727	43,2842907	43,8198239	40,5153336	42,5379758	42,7109478	42,2196999
172 31	10.07 .2000	40,5747038	42,7181160	42,7718679	42,3958068	40,0729430	41,1057495	42,2173425	40,7957776
172 32	10.07 .2000	40,1290300	41,2887678	42,2767060	40,9743009	39,6447272	39,6749411	41,7443830	39,3713760
171 31	05.09 .2000	42,1162208	42,7216241	44,3101968	42,4009028	41,6154885	41,1084951	43,7584886	40,7972658

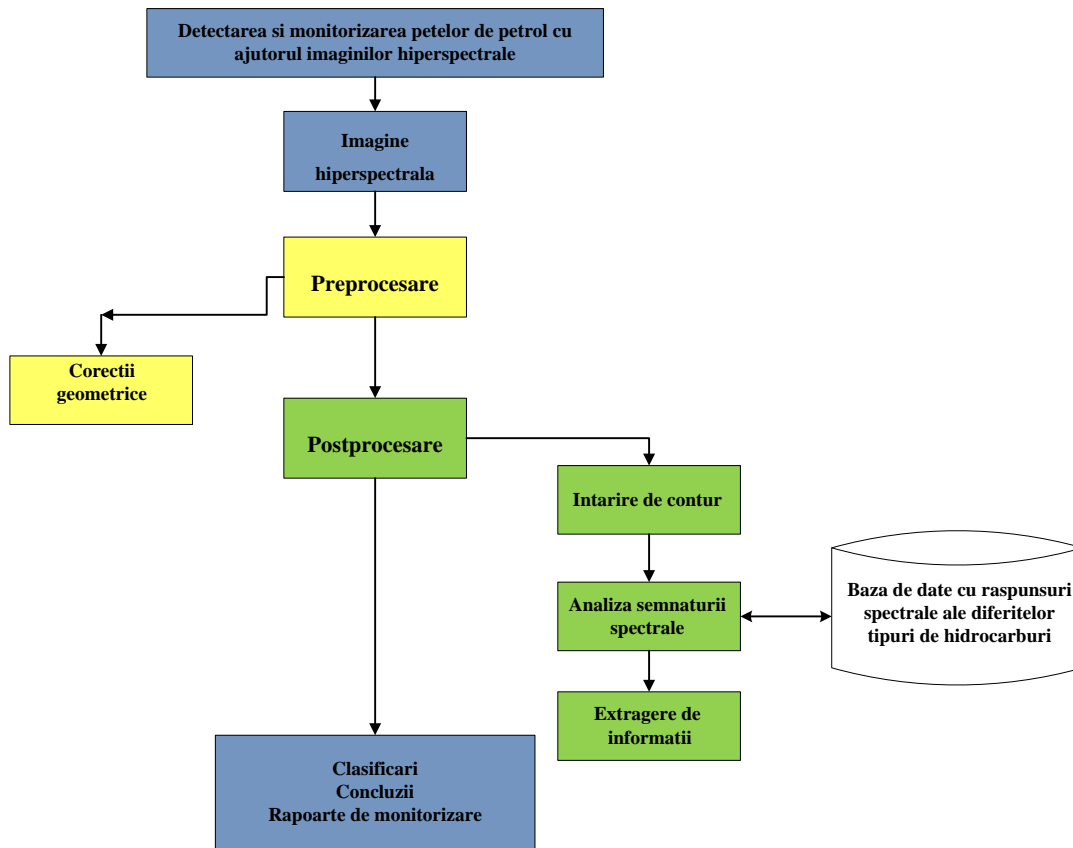
Răspunsul spectral – semnătura – agentului poluant, în cazul nostru produsul petrolier, poate fi utilizat în aprecierea concentrației lui pe suprafața apei, și deci să facem distincția diferitelor grosimi ale petelor de petrol.

Mai jos prezentăm schema de prelucrare a imaginilor RADAR.



Un alt rezultat al procesării imaginilor satelitare este dinamica petelor de petrol. Aceasta se poate realiza prin crearea imaginilor multitemporale. Imaginile achiziționate în timpul activității de monitorizare, reprezentând momente diferite de timp, pot fi supuse unei analize de tip **change detection** (identificarea modificărilor) obținându-se informații privind viteza și direcția mișcării petei datorate vântului sau a curenților marini, micșorării ei urmare a acțiunilor de curățare (cleaning), măririi ei dacă accidentul continuă. Aceste imagini multitemporale pot fi utilizate, funcție de amploarea accidentului, la un proces de modelare pe baza căruia să se realizeze un plan al activităților de curățare și înlăturare a efectelor accidentului de poluare.

În afara imaginilor multitemporale, se pot crea imagini suplimentare prin procedeul de fuziune a imaginilor cu rezoluție mai fină (de regulă imagini în mod panchromatic) cu imagini multispectrale – procedeul denumit Pansharpening exemplificat în capitolul I figura 1.18, sau prin fuziunea imaginilor RADAR cu imagini multispectrale, toate aceste prelucrări făcându-se fie în timpul procesului de monitorizare fie după în cadrul unui proces de evaluare a accidentului de poluare.



Schema de procesare a imaginilor hiperspectrale

În lipsa unor imagini satelitare hiperspectrale, ele nefiind încă comercializate, se pot obține imagini hiperspectrale din teledetecția aeropurtată – senzorul AVIRIS.

Metodologia utilizată în monitorizarea petelor de petrol în Marea Neagră.

Monitorizarea petelor de petrol în mediul marin, este un subiect prezent pe agenda marilor companii de petrol cu activitate “off shore”.

Proiectul constă din:

- Identificarea tuturor sateliților de teledetecție care survolează zona de interes;
- Calculul calendarului de survol;
- Identificarea dealerilor de imagini satelitare;
- Contracte cadru pentru situații de urgență;
- Proceduri de prelucrare a imaginilor;
- Rapoarte rezultate.

Monitorizarea constă din urmărirea zilnică a dimensiunii petei de petrol și evidențierea deplasării ei dacă este cazul. Dinamica dimensiunii petei indică remedierea accidentului precum și eventuale măsuri de limitare a impactului negativ de mediu.

Analize complexe prin utilizarea imaginilor compuse din imagini radar și multispectrale, respectiv hiperspectrale cu identificarea răspunsurilor spectrale pentru diferite situații de poluare (optional). – Software posibil de utilizat ERDAS respectiv ENVI.

Să ne reamintim că în cazul imaginilor hiperspectrale, răspunsul spectral nu mai este viciat de eșantionare și deci poate fi utilizat la analiza tipului de țitei precum și a compoziției acestuia.

Imagini de teledetectie satelitara ce pot fi utilizate pentru monitorizare:

- Imagini multispectrale multitemporale provenind de la acelasi satelit;
- Imagini multispectrale de rezolutii si benzi spectrale diferite;
- Imagini RADAR (avem în vedere sistemul COSMO – SkyMed, Constellation of Small Satellites for Mediterranean basin Observation, o constelatie formata din 4 sateliti cu senzor RADAR cu posibilitate de achizitie de imagini cu vedere stanga – dreapta cu rezolutie de 1 m, orbita polara – inclinare 97,86 grade, heliosincrona, cu o altitudine de 619 km)
- Imagini hiperspectrale.

Etapele monitorizarii:

- Etapa initiala presupune o inspectie la fata locului cu achizitia, cu ajutorul echipamentului de GIS mobil, a unor coordonate care sa defineasca zona de interes;
- Comanda imaginilor satelitare in regim de calamitate cu indicarea parametrilor privind curentii marini din zona afectata;
- Colaborare cu Autoritatea Navala pentru Mediu, în vederea obținerii datelor necesare privind curenții marini;
- Aprecierea pe baza acestora a modificărilor zonei de interes;

Concluzii privind utilizarea imaginilor de teledetectie în monitorizarea petelor de petrol pe suprafețe marine.

În monitorizarea petelor de petrol pe suprafețe de apă marine, un loc esențial îl ocupă imaginile RADAR, datorită faptului că imaginile nu sunt afectate de condițiile meteorologice.

Este de menționat însă, că imaginile RADAR ridică probleme în identificarea și realizarea distincției între petele de petrol și pete similare cu cele de petrol. Pentru rezolvarea acestui neajuns pe lângă imaginile RADAR este necesară achiziția și a altor imagini satelitare de tip panchromatic, multispectral cu benzi spectrale din zona infraroșu (NIR) și chiar imagini de teledetectie aeropurtată cu senzori hiperspectrali.

În baza de date cu raspunsuri spectrale inclusiv comportamete spectrale vor trebui incluse și cele aferente coloniilor de alge al căror răspuns în imaginile RADAR sunt asemănătoare cu a petelor de petrol.

Se constată că pentru eficientizarea procesului de monitorizare este necesară coordonarea misiunilor satelitare utilizate cu zboruri de supraveghere aeriană – teledetectie aeropurtată.

Astfel de acțiuni coordonate sunt frecvent prezente în companiile de petrol cu activitate off – shore.

Chiar dacă imaginile RADAR puse la dispoziție de misiune COSMO SkyMed au o frecvență de două imagini zilnic, nu eliminăm când este posibil utilizarea și a celorlalte misiuni RADAR cum ar fi RADARSAT 2 cu senzorul C – Band SAR, ERS, ENVISAT (senzorul MERIS și ASAR) și chiar imaginile achiziționate de satelitul japonez ALOS (Advanced Land Observing Satellite – capitolul 1 paragraful 1.3).

Clasificările automate a petelor de petrol este direcția în care se vor orienta preocupările autorul în perioada următoare.

VI. Concluzii generale.

Teza de doctorat „**Contribuții la problema mișcării sateliților artificiali de teledetecție și utilizarea imaginilor de teledetecție pentru monitorizarea contaminării cu produse petroliere în domeniul marin**”, concentrază activitatea autorului în acest domeniu – teledetecție – de peste 30 de ani.

Lucrarea și-a propus rezolvarea unor probleme practice privind utilizarea imaginilor satelitare de teledetecție precum și a unor probleme teoretice privind calculul coeficienților Lukașevici pentru problema celor șase centre fixe cu ajutorul cărora orbitele sateliților, în general, respectiv a celor de teledetecție, în special, pot fi calculate cu o acuratețe îmbunătățită.

Este prezentat un istoric detaliat al evoluției teledetecției la nivel mondial și la nivel național, cu descrierea programului fiecărei țări. Sunt analizate într-un mod coerent toate informațiile cu privire la datele disponibile în domeniul teledetecției în România;

Software-ul dezvoltat de autor [**Vais 1980**], a asigurat prelucrarea imaginilor multispectrale LANDSAT MSS, punând la dispoziția colectivelor de cercetare instrumente precum histogramele raspunsurilor spectrale, histograme egalizate, profile spectrale, clasificări nesupervizate în baza analizei componentei principale, hărți tematice, în condițiile în care la acel moment pentru România, membru al Tratatului de la Varșovia, obținerea unui software specializat era foarte dificilă. (Menționăm dintre colectivele de cercetare beneficiare, colectivul catedrei de fotogrametrie a Institutului de Construcții București și colectivul catedrei similare a Facultății de Silvicultură din Brașov).

Completarea acestui software cu programul de calcul al orbitelor intermediare dă posibilitatea aprecierii necesarului de imagini satelitare, stabilirea misiunilor de teledetecție relevante pentru proiectul propus, corelarea acestor misiuni, în vederea dimensionării corecte a planurilor și costurilor unui proiect de analiză geospațială care își propune să utilizeze în acest scop informații satelitare de teledetecție.

Aplicația realizată pentru calculul coeficienților Lukașevici pentru problema celor șase centre fixe pentru sateliții de teledetecție lansați până acum, în limbaj FORTRAN, reprezintă un aspect de cercetare fundamentală care aduce un aport substanțial la îmbunătățirea preciziei în calculul orbitei sateliților artificiali.

Teledetecția este utilizată din ce în ce mai mult în toate domeniile, cu precădere în cadastru, agricultură, geologie – geofizică, militar, etc. În ultimii ani rezoluția imaginii a devenit comparabilă cu rezoluția obținută din zborurile fotogrammetrice. Din acest motiv aplicațiile s-au lărgit, atrăgând beneficiari care doar cu 10 ani înainte nu se gândeau la teledetecție ca la o variantă serioasă.

Unul din aceste domenii este geologia – geofizica, domeniu care înainte utiliza teledetecția doar pentru arii întinse și pentru studii generale, nu pentru detalii.

Este prezentat un mod original de a depista faliile geologice utilizând imagini de teledetecție.

Analizând modul de recunoaștere a faliilor în imaginile satelitare de teledetecție [**Vais 2011**], rezultă, că nu toate faliile pot fi recunoscute pe o imagine de teledetecție, ci numai faliile normale. Pentru acestea, nu se constată totdeauna o coincidență totală, diferențe ce pot proveni fie din mișcarile tectonice ce au avut loc, fie din erori de apreciere, astfel încât, se poate pune problema deciziei privind necesitatea reevaluării proiectelor de exploatare a zăcămintelor de hidrocarburi.

S-au analizat posibilități și domenii de utilizare a imaginilor de teledetecție atât satelitară cât și aeropurtată, precum și generarea pseudo imaginilor (imagini sintetice realizate pe baza celor obținute în urma misiunilor de teledetecție satelitară sau aeropurtată) necesare în activitatea de analiză geospațială [**Vais 2011 a**].

Din activitățile de monitorizare a mediului înconjurător, studiul de caz prezentat, [Vais 2010], monitorizări efectuate cu ajutorul și pe baza imaginilor satelitare de teledetecție, constatăm oportunitatea analizei pe baza imaginilor sintetice multitemporale, ele putând să pună în evidență comportarea dinamică a fenomenului monitorizat (poluare, alunecări de teren etc.).

Astfel, lucrarea reprezintă o contribuție teoretică și practică originală privind modul de depistare a petelor de petrol și al faliilor pe imagini de teledetecție;

Tot odată actualizarea unei baze de date geospațiale (GIS) cu aceste imagini, adică îmbinarea utilizării tehnicilor GIS cu tehnicile de teledetecție atât satelitare cât și aeropurtate, oferă tuturor utilizatorilor interesați posibilitatea vizualizării în context geografic rezultatele, inclusiv cele parțiale, ale activităților de cercetare, de determinare topografică, respectiv de monitorizare a mediului înconjurător.

Această integrare, achiziția, modelarea, analiza și managementul datelor cu referință spațială face obiectul unei discipline moderne – **geomatica**.

Lucrarea prezintă o abordare nouă în România în ceea ce privește utilizarea imaginilor de teledetecție în geologie – geofizică și în exploatarea petroliere marine.

Având în vedere realizările până la acest moment în România în acest domeniu consider că lucrarea aduce un aport teoretic și practic important.

Lista abrevierilor folosite în această teză precum și în literatura de specialitate

Abreviere	Semnificație	Observații
AATSR	Advanced Along – Track Scanning Radiometer	senzor la bordul sateliților europeni
ACF	Auto – Correlation Function	
ACRES	Australian Center for Remote Sensing	
A / D	Analogue / Digital	
ADC	Analogue / Digital Converter	
ADEOS	Advanced Earth Observing Satellite	Japan
AIRS	Atmospheric InfraRed Sounder	senzor la bordul satelitului EOS – PM1
ALI	Advanced Land Imager	senzor la bordul satelitului EO – 1
ALOS	Advanced Land Observing System	Japan
ALT	Altimeter	
AMI	Active Microwave Instrument	senzor la bordul satelitului ERS – 1 / 2
AMI-SAR	Active Microwave Instrument – Synthetic Aperture Radar	la bordul satelitului ERS (ESA)
AMSR/E	Advanced Microwave Scanning Radiometer	senzor la bordul satelitului EOS – PM1
AMSU	Advanced Microwave Sounding Unit	senzor la bordul satelitului EOS – PM1
AMSU – A	Advanced Microwave temperature SoUnder	senzor la bordul satelitului METOP
ANNA	Army, Navy, NASA, Air Force	
APT	Automatic Picture Transmission	
ARGOS DCS	ARGOS Data Collection System	senzor la bordul satelitului METOP
ASA	American Standard Association	
ASCAT	Advanced SCATterometer	senzor la bordul satelitului METOP
ASAR	Advanced SAR	la bordul satelitului ENVISAT (ESA)
ASI	Agenzia Spaziale Italiana	
ASR	Agenția Spațială Română	
ASTER	Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection radiometer	senzor la bordul satelitului EOS – AM1
ASTRON	Applications on the Synergy of satellite Telecommunications, eaRth Observation and Navigation	CEO programme
ATS	Advanced Technology Satellite	
ATSR	Along Track Scanning Radiometer	senzor la bordul satelitului ERS – 1 / 2

Abreviere	Semnificație	Observații
AVCS	Advanced Vidicon Camera System	
AVHRR	Advanced Very High Resolution Radiometer	
AVNIR	Advanced Visible and Near Infrared Radiometer	
BIH	Bureau International de l'Heure	
bpi	Bites per inch	
BSQ	Band Sequential	
CCRS	Canadian Centre for Remote Sensing	Ottawa, Canada
C-Band	5.6 wavelength radar	
CCT	Computer Compatible Tape	
CCD	Charge Coupled Device	
CD-ROM	Compact Disk Read Only Memory	
CEO	Centre for Earth Observation	
CEOS	Committee on Earth Observation Satellites	
CERES	Clouds and Earth's Radiant Energy System	senzor la bordul satelitului EOS – AM1
CHEM	Chemistry platform of the EOS	NASA – USA
CIRES	Cooperative Institute for Research in Environmental Sciences	University of Colorado
CIS	Conventional Inertial System	
CIT	SAR Wave Complex Imagette	
CLIVAR	CLimate system VARiability and Predictability	
CNES	Centre National D'Etudes des Telecommunications	France
COMITAS	Commision Ministerielle de la Terminologie de la Teledetection aerospatale	
COSPAR	COMmittee on SPace Reasearch	
CSIRO	Commonwealth Scientifical and Industrial Research Organization	Australia
CTS	Conventional Terrestrial System	
CUS	Central User Service	
DARA	Deutsche Agentur fur Raumfahrt – Angelegenheiten	
DCS	Data Collection System	
DEM	Digital Elevation Model	
DEOS	Delft Institute for Earth oriented Space Research	
DIBIAS	DIGitales BIldAuswerte System	
DIN	Deutsche Industrie Normen	
DIS	SAR Wave Detected Imagette and Spectrum	
DLR	Deutsche Forschungs und Versuchsanstalt für Luft und Raumfahrt	
DMSP	Defence Meteorological Satellite Programme	USA
DORIS	Doppler Orbitography and Radiopositioning Integrated by Satellite	senzor la bordul satelitului ENVISAT
DRA	Defence research Agency	
DS	Digital Subsystem	
EASE	Equal Area SSM/I Earth Grid	
EECF	Earthnet ERS–1 Central Facility	
ENVISAT	Environmental Satellite	ESA
EOC	Earth Observation Centre	NASDA – Japan
EORC	Earth Observation Research Centre	NASDA – Japan

Abreviere	Semnificație	Observații
EOS	Earth Observing System	NASA – USA
EP	Earth Probes	
ERS	Earth Resource Satellite	ESA
ERS	Earth Resources Survey	
ERS – 1	European Remote Sensing Satellite – 1	ESA
ERSC	ERS Consortium	
EREP	Earth Resources Experiment Package	
EROS	Earth Remote sensing Observation Satellite	
ERTS	Earth Resources Technology Satellite	NASA
ESA	European Space Agency	
ESE	Earth Science Enterprise	Program NASA
ESOC	European Space Operations Centre	
ESOV	ERS–1 Swath and Orbit Visualisation Software	
ESRIN	European Space Research Institute	
ESTEC	European Space Research and technology Centre	
ESTP	Earth Science Technology Programme	
ETM+	Enhanced Thematic Mapper plus	LANDSAT–7, USA
FAO	Food and Agriculture Organization	
FD	Fast Delivery	
FDC	Fast Delivery Copy	
FFT	Fast Fourier Transform	
FIR	Far InfraRed	
FM	Frequency Modulated	
FUV	Far UltraViolet	
GAP	Global Activity Plan	
GCOS	Global Climate Observing System	
GCP	Ground Control Points	
GDHS	Ground Data Handling System	
GEC	Geocoded Ellipsoid Corrected	
GEM	Goddard Earth Model	
GEOS	Geophysic Earth Orbiting Satellite	
GEWEX	Global Energy and Water Cycle Experiment	
GFSC	Goddard Space Flight Center	
GIS	Grating Imaging Spectrometer	senzor la bordul satelitului EO – 1
GIS	Geographic Information System	
GLI	GLobal Imager	senzor la bordul satelitului ADEOS - 2
GMS	Geostationary Meteorological Satellite	
GMT	Greenwich Mean Time	
GOES	Geostationary Operational Environmental Satellite	
GOME	Global Ozone Monitoring Experiment	senzor la bordul satelitului METOP
GOMOS	Global Ozone Monitoring by Occultaation of Stars	senzor la bordul satelitului ENVISAT
GOMS	Geostationary Operational Meteorological Satellite	
GOOS	Global Ocean Observing System	

Abreviere	Semnificație	Observații
GOST	Gosudarstvenii Standard	
GRAS	Global positioning system Receiver for Atmospheric Sounding	senzor la bordul satelitului METOP
GRS	Geodetic Reference System	
GRS1984	Geodetic Reference System 1984	
GTC	Geocoded Terrain Corrected	
GTOS	Global Terrestrial Observing System	
GPIP	General Purpose Image Procesor	
HDDT	High Density Digital Tape	
HDF	Hierarchical Data Format	
HGA	High Gain Antenna	
HIRS	High Resolution Infrared Sounder	senzor la bordul satelitului METOP
HRIR	High Resolution Infrared Radiometer Sounder	NOAA – USA
HRG	High Resolution Geometry	
HROI	High Resolution Infrared Imagers	Rezoluție spațială în intervalul cuprins între câțiva metri și 100 m și deschidere de 180 km
HRPT	High Resolution Picture Transmission	Stație de recepție la sol
HRV	High Resolution Visible sensor	SPOT 1-3
HRV-IR	High Resolution Visible and Infrared sensor	SPOT 4
HSB	Humidity Sounder for Brasil	senzor la bordul satelitului EOS – PM1
KVR	Kamera Vysokovo Razreşenia	la bordul sateliților Kosmos
I	In-phase	
IAI	Israel Aircraft Industries	
IASI	Infrared Atmospheric Interferometric Sounder	senzor la bordul satelitului METOP
IBM	International Business Machines	
IFOV	Instantaneous Field Of View	
IFREMER	Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer	
IGBP	International Geosphere – Biosphere Programme	
IIGS	Initial Image Generation System	
ILAS	Improved Limb Atmospheric Spectrometer	senzor la bordul satelitului ADEOS - 1
IMG	Interpherometric Monitor for Greenhouse gases	senzor la bordul satelitului ADEOS – 1
INSAT	Indian National SATellite system	
IPC	SAR Wave Intermediate Product Copy	
IPF	Image Processing Facility	
IPS	SAR Wave Imagette precise Spectrum	
IR	InfraRed	Infraroşu – $0.75 \mu\text{m} < \lambda < 15.0 \mu\text{m}$
IRLS	Interrogation, Recording, and Location System	Program NASA
IRR	Infrared Radiometer	
IRS	Indian Remote Sensing satellite	India
ISAGEX	International SATellite Geodesy EXperiment	
ISLR	Integrated Side Lobe Ration	
ISRO	Indian Space Research Organisation	

Abreviere	Semnificație	Observații
ISS	Interface Subset	
ITOS	Improved TIROS Operational Satellite	
IWC	Scatterometer Extracted Wind Copy (product)	
JERS	Japanese Earth Resource Satellite	Japan
JPL	Jet Propulsion Laboratory	
LAC	LEISA atmospheric Correction	senzor la bordul satelitului EO – 1
LACIE	Large Area Crop Inventory Experiment	
LAGEOS	LAser GEodynamic Satellite	
LANDSAT	Land remote sensing Satellite	NASA – USA
LaRC	Langley Research Center	
LBR	Low Bit Rate	
LIS	Lightning Imaging Sensor	senzor la bordul satelitului TRMM
LIS	Land Information System	
LISS-III	Linear Imaging Self Scanning camera III	senzor la bordul satelitului IRS - 1C
L-Band	24.0 cm wavelength radar	
LR	Laser Retroreflector	
LRR	Laser Retro Reflector	Senzor laa bordul satelitului ERS – 1/ 2
MDAS	Multispectral Data Analysis System	
MERIS	Medium Resolution Imaging Spectrometer	senzor la bordul satelitului ENVISAT
MESSR	Multi-spectral Electronic Self-scanning Radiometer	senzor la bordul satelitului MOS – 1/MOS – 1b
MET	Middle European Time	
METOP	METEorological OPERational	ESA
MHS	Microwave Humidity Sounder	senzor la bordul satelitului METOP
MIPAS	Michelson Interferometric Passive Atmospheric Sounder	senzor la bordul satelitului ENVISAT
MIR	Medium InfraRed	
MISR	Multiangle Imaging Spectro - Radiometer	senzor la bordul satelitului EOS – AM1
MKF	Multispectral Kamera	
MMCC	Mission Managerment Control Centre	
MODIS	Moderate resolution Imaging Spectro-radiometer	senzor la bordul satelitului EOS – AM1
MOS	Marine Observation Satellite	Japan
MOPITT	Measurements of Pollution in The Troposphere	senzor la bordul satelitului EOS – AM1
MRIR	Medium Resolution Infrared Radiometer	
MSG	Meteorological Satellite Goestationary	ESA
MSMR	Multi-frequency Scanning Microwaave Radiometer	senzor la bordul satelitului IRS – P4
MSP	MultiSpectral Projector	
MSR	Microwave Scanning Radiometer	senzor la bordul satelitului MOS – 1/MOS – 1b
MSS	Multi Spectral Scanner	

Abreviere	Semnificație	Observații
MSU	Microwave Sounding Unit	senzor JPL la bordul satelitelui NOAA POES
MTPE	Mission to Planet Earth Programme	
MUV	Medium UltraViolet	
MW	MicroWave	microunde $0.1 \text{ cm} < \lambda < 100.0 \text{ cm}$
MWS	Microware Sounder	
MWIR	Mid Wave InfraRed	Infraroșu unde medii $3.0 \mu\text{m} < \lambda < 5.0 \mu\text{m}$
MWR	MicroWave Radiometer	senzor la bordul satelitelui ENVISAT
M – S	Modular Multispectral Scanner	
NASA	National Aeronautics and Space Administration	
NASDA	National Space Development Agency	
NASCOM	NASA COMMUNICATIONS Network	
NGDC	National Geophysical Data Centre	
NII - 627	Naucino Issledovateliskii Institut - 627	Rusia
NIR	Near Infrared	Infraroșu apropiat $0.75 \mu\text{m} < \lambda < 1.3 \mu\text{m}$
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration	USA
NMP	New Millenium Programme	
NMSF	Net Multiplicative Scaling Factor	
NRSA	National Remote Sensing Agency Hyderabad	India
N / S	Nourt / South	
NSCAT	Nasda SCAttering measurements device	senzor la bordul satelitelui ADEOS - 1
NUV	Near UltraViolet	
OBC	On Board Computer	la bordul satelitelui ERS – 1 / 2
OBRC	On Board Range Compression	
OCC	Operation Control Center	
OCM	Ocean Color Monitor	senzor la bordul satelitelui IRS – P4
OCTS	Ocean Color and Temperature Scanner	senzor la bordul satelitelui ADEOS – 1
OGE	Oceanic Geoid (product)	
OGRC	On Ground Range Compression	
OIP	Off – Line Intermediate Product	
OPR	Ocean Product	
OPS	OPTical sensor	senzor la bordul satelitelui JERS – 1
PAF	Processing and Archiving Facility	
PALSAR	Phased Array type L SAR	senzor SAR la bordul satelitelui ALOS
PAN	Panchromatic	canal cu o banda spectrală mare din domeniul vizibil al spectrului electro-magnetic
PCS	Product Control Service	
PM-1	PM-1 platform of the EOS (NASA)	
POES	Polar Operational Environmental Satellite	Program NASA

Abreviere	Semnificație	Observații
POLDER	POLarisation and Directionality of the Earth Reflectance	senzor la bordul satelitului ADEOS - 1
PPS	Photographic Processing Subsystem	
PPTL	Processor Point Target Linearity	
PR	Precipitation Radar	senzor la bordul satelitului TRMM – Japan
PRARE	Precise Range and Range-rate Equipment	senzor la bordul satelitului ERS – 1 / 2
PRF	Pulse Repetition Frequency	
PRI	Pulse Repetition Interval	
PRISM	Pancromatic Remote-sensing Instrument for Mapping	senzor SAR la bordul satelitului ALOS
Q	Quadrature	
QA	Quality Assurance	
Q / L	Quick – look	
RA	Radar Altimeter	senzor la bordul satelitului ERS – 1 / 2
RADAM	RADar AMazonia	
RADAR	Radio Detection And Range	
RADARSAT	Radar Satellite (Canada)	
RAR	Real Aperture Radar	Sistem RADAR cu diagramă sintetică
RAW	Raw Data product	
RBV	Return Beam Vidicon	Cameră la bordul primilor sateliți LANDSAT
RIS	Retroreflector In Space	senzor la bordul satelitului ADEOS – 1
RMS	Root Mean Square	
RSA	Russian Space Agency	
SAR	Syntethic Aperture Radar	Radar cu diagramă sintetică
SAR Corp	Sokol Almaz Radar Corporation	
S / C	Spacecraft	
SCATT	Scatterometer	
SEM	Space Environment Monitor	senzor la bordul satelitului METOP
SLAR	Side Looking Airbone Radar	
SLC	SAR Single Look Complex Image	
SMS	Synchronous Meteorological Satellite	
STR-C	Shuttle Imaging Radar experiment - C (NASA)	
SPOT	System Pour l’Observation de la Terre (France)	
SONAR	SOund NAvigation Ranging	
SRTM	Shuttle Radar Topography Mision (NASA)	
SSH	Sea Surface Height	
SST	Sea – Surface Temperature	
STARLETTE	Satellite de Taille Adaptee avec Réflecteurs Laser pour les ETudes de la Terre	
SWH	Significant Wave Height	
SWM	SAR Wave Mode	
S&R	Search & Rescue receiver	senzor la bordul satelitului METOP
TBC	To Be Conformed	

Abreviere	Semnificație	Observații
TDT	Terrestrial Dynamic Time	
TIROS	Television IR Observations Satellite	
TMI	TRMM Microwave Imager	senzor la bordul satelitului TRMM
TOMS	Total Ozone Mapping Spectrometer	senzor la bordul satelitului ADEOS - 1
TOP	Sea – Surface Topography (product)	
TM	Thermal Mapper	
TRMM	Tropical Rainfall Measuring Mission	Japan
UA	Unitate Astronomică	
UNCED	United Nations Conference for Environment Development	
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization	
UPS	Universal Polar Stereographic	
US	Ultra Scurte	
USGS	United States Geological Survey	
UT16	SAR FD Image	
UTC	Universal Time Coordinate	
UTM	Universe Transverse Mercator	
URA	Altimeter FD Product	
UV	Ultraviolet	
UWA	SAR Wave Mode FD Product	
UWI	Wind Scatterometer FD Product	
VAFB	Vandenberg Air Force Base	California
VCL	Vegetation Canopy Lidar (NASA)	
VHRR	Very High resolution Radiometer	
VIRS	Visible and InfraRed Scanner	senzor la bordul satelitului TRMM
VNIIEM	Vserossiiski Naucino Issledovatel'skii Istitut Electro Mehaniki	Rusia
VTIR	Visible and Thermal Infrared Radiometer	senzor la bordul satelitului MOS – 1/MOS – 1b
VTR	Video Tape Recorder	
WCP	World Climate Programme	
WCRP	World Climate Research Programme	
WIS	Wedge Imaging Spectrometer	senzor la bordul satelitului EO - 1
WiFS	Wide Field Sensor	senzor la bordul satelitului IRS - 1C
WNF	De–aliased Off–Line Wind Fields (product)	
WRS	World Reference System	
WSC	Wind Scatterometer	

Bibliografie

Referință	Autori	Titlu
Aksenov și alții 1963	Aksenov E.P.; Grebenikov E.A.; Demin V.G.	Aplicarea problemei generalizate a două centre fixe în teoria mișcării sateliților artificiali ai Pământului (din volumul “Mișcarea sateliților artificiali ai Pământului”). - Editura “Nauka”, Moscova, 1963.(limba rusă).
Aksenov 1968 a	Aksenov E.P.	Interpretarea mecanică a funcției de forță în problema generalizată a două centre fixe. (limba rusă) - Astron. J. vol.45, nr.4, 1968.
Aksenov 1968 a1	Aksenov E.P.	Orbite intermediare ale sateliților artificiali ai Pământului în caz asimetric. (limba rusă) - Comunicări GAIȘ nr.155,1968
Aksenov 1968 b	Aksenov E.P.	Ecuatiile canonice ale mișcării sateliților artificiali. (limba rusă) - Astron. J. vol.45, nr.6, 1968.
Aksenov 1977	Aksenov E.P	Teoria mișcării sateliților artificiali ai Pământului. (limba rusă) - Editura “Nauka”, Moscova, 1977.
Aksenov și alții 1988	Aksenov E.P Emelianov N.V. Tamarov V.A.	Utilizarea practică a orbitelor intermediare ale sateliților. – Formule, programe și teste. - Trud î GAIȘ vol 59 1988
Andrade 1890	Andrade J.	Journal de l’Ecole Polytechnique cahier 60,1890
Arazov1975	Arazov G.T.	Asupra mișcării unui satelit al unei oplanete sferoidale. (limba rusă). - Astron. J. vol.52,p 891, 1975.
Arazov 1976	Arazov G.T.	Problema a trei centre fixe. (limba rusă). - Astron. J. vol.53, nr. 3 1976
Arazov 1977	Arazov G.T. și Gabibov S.A.	Asupra soluției problemei celor trei centre fixe (limba engleză) - Celestial mechanics vol 15, nr. 3, 1977
Arazov 1980	Arazov G.T.	Aplicarea în geofizică a potențialului intermediar alproblemei generalizate a trei centre fixe (limba rusă). - Astron. J. vol.57, nr. 1 1980
Arazov 1981	Arazov G.T.	On some applications of the problem of many fixed centres to geophysics. - Celestial mechanics vol 25, nr. 4, 1981
Arazov 1983	Arazov G.T.	Ecuatiile diferențiale pentru elementele osculatorii ale orbitei intermediare în problema celor trei centre fixe (limba rusă) - Astron. J. vol.60, nr. 4 1983
Arazov 1984	Arazov G.T. și Gabibov S.A.	Teoria mișcării Velladelor(126) (limba rusă) - Astron. J. vol.61, nr.6, 1984.

Arenstorf 1963	Arenstorf R.F.; Davidson Jr. M.C.	Soluția problemei restrânse a celor trei corpuri reprezentată cu ajutorul problemei celor două centre fixe. (limba engleză) - A.I.A.A. Journal nr.1,pag. 228-230 (1963)
Astașkin și alții 1981	Astașkin A.A.; Saulski V.K.; Uspenski G.R.	Analiza asupra orbitelor sateliților oceanografici. - Cercetarea Pământului din Cosmos, nr.2, 1981 (limba rusă).
Badalijan 1934	Badalijan G	Asupra problemei celor două centre fixe - Astron. J. vol.11, nr.4, 1934. (limba rusă)
Badalijan 1939	Badalijan G	Asupra simplificării ecuațiilor traiectoriei în problema celor două centre fixe (limba rusă). Doklad î Acad.Nauk SSSR vol.24, nr.2, 1939
Balk 1972	Balk M.B.; Demin V.G.; Kuniț în A.L.	Culegere de probleme de mecanică cerească și cosmodinamică (limba rusă). - Editura “Nauka”, Moscova, 1972.
Barrar 1961	Barrar R.B.	Some remarks on the motion of a satellite of an oblate planet. - Astronomical Journal vol. 66, nr.1, 1961.
Brouwer 1959	Brouwer Dirk.	Solution of the problem of artificial satellite theory without drag. - The Astronomical Journal vol. 64,p 378, 1959.
Brouwer și Hori 1961	Brouwer Dirk Hori Gen-ichiro	Appendix to Theoretical Evaluation of Atmospheric Drag Effects in the Motion of an Artificial Satellite. - The Astronomical Journal vol. 66, nr.6, 1961.
Charlier 1907	Charlier C.L.	Die Mechanik des Himmels, Leipzig, 1907
Chevrel și alții 1981	Chevrel Michele Courtois Michel Weill Gilbert	The SPOT Satellite Remote Sensing Mission - Photogrammetric Engineering & Remote Sensing vol. 47 nr. 8, 1981 pp 1163 – 1171
Chiș și Pal 1978	Chiș Gh.; Pal A.	Astronomie (curs de inițiere). Astronomie, Mecanica cerească și Cosmonautică. - Universitatea Babeș – Bolyai, Cluj-Napoca, 1975.
Coculescu 1927	Coculescu N.	Curs de Astronomie teoretică. Editura “Casa Școalelor”, București, 1927.
Colvocoress 1977	Colvocoress A.P.	Proposed Parameters for an Operational LANDSAT. - Photogrammetric Engineering & Remote Sensing vol. 43 1977
Demin 1960	Demin V.G.	Asupra orbitelor problemei celor două centre fixe. - Astron. J. vol.37, nr.6, 1960(limba rusă)..
Dragoș 1976	Dragoș Lazăr	Principiile mecanicii analitice, Ed. Tehnică, București, 1976
Dr îmbă 1958	Drâmbă Constantin	Elemente de mecanică cerească. - Editura Tehnică, București, 1958.
Duboșin 1978	Duboșin G.N.	Mecanică cerească.(limba rusă) Editura “Nauk” 1968
Duboșin 1981	Duboșin G.N.	Sur les mouvements reguliers des satellites. Celestial mechanics 1981 vol 25 pp 375 – 396
Euler 1760	Euler L.	Opera Mechanica et Astronomica. Mem. de Berlin,1760.
Garfinkel 1959	Garfinkel B.	On the motion of a satellite of an oblate planet. - Astronomical Journal vol. 64, nr.7, 1959.

Grebenicov 1994	Grebenicov E.A.	On averaging – based methods for constructing solutions in celestial mechanics problems. - Rom. Astron. J., vol. 4, nr.1, 1994.
Grebenicov și alții 1995	Grebenicov E.A.; Borunov V.P.; Zemtsova N.I.; Mironov S.V.	About valuations of Efficiency of Numerical Methods of Integration of Dynamic Models în Celestial Mechanics Problems, -Simpozionul internațional de “Calcul simbolic aplicațiile sale în cercetarea fundamentală” - București 6-8 septembrie, 1995.
Grebenicov 1996 a	Grebenicov E.A.	On the generators of the new perturbation methods, - Rom. Astron. J., vol. 6, nr.1, 1996.
Grebenicov și Pal 1996	Grebenicov E.A.; Pal A.	General formulation of some problems of Celestial Mechanics for Constructing solutions using Computers. - Rom. Astron. J.,vol. 6, nr.2, 1996,(sub tipar).
Grișin și alții 1983	Grișin S.V.; Saulski V.K.; Uspenski G.R.	Orbite ale sateliților destinați cercetării Pământului, independent de iluminarea solară.(limba rusă). - Cercetarea Pământului din Cosmos, nr.1, 1983
Hiltebeitel 1911	Hiltebeitel A.	American Journal Math., 33, 1911
Iszsak 1960	I.Izsak	A Theory of Satellite Motion around an Oblate Planet. Second Order Solution for Vinti Dynamical Problem. Smithsonian Astrophysical Observatory Special Report nr:52 (1960)
Jacobi 1843	Jacobi C.	Lecții de dinamică (limba germană, 1843, tradusă în limba rusă - ONTI 1935).
Kislik 1960	Kislik M.D.	Mișcarea sateliților artificiali în câmpul gravitațional normal al Pământului. (limba rusă). -Sbornik “Iskustvenn îe sputniki Zemli”, nr.4, 1960
Konigsberger 1860	Konigsberger	De motu puncti versus duo centra attracti Berolini 1860
Kozai 1959	Kozai Yoshihide.	Second – order solution of artificial satellite theory without air drag. - The Astronomical Journal vol. 64, nr.7, 1959.
Kozai 1961 a	Kozai Yoshihide	The Gravitational Field of the Earth Derived from Motions of three Satellites. - The Astronomical Journal vol. 66, nr.1, 1961
Kozai 1961 b	Kozai Yoshihide	Tesseral Harmonics of the Gravitational Potential of the Earth as Derived from Satellite Motions. - The Astronomical Journal vol. 66, nr.7, 1961.
Kozai 1962	Kozai Yoshihide	Second order Solution of Artificial Satellite Theory without Air Drag - The Astronomical Journal vol. 67, nr.7, 1962.
Kozlov 1974	Kozlov Iosip S.	Problema a patru centre fixe și aplicarea ei la teoria mișcării corpurilor cerești (limba rusă). - Astron. J. v.51, nr.1, 1974.
Kozlov 1975	Kozlov Iosip S.	Interpretarea și aplicarea problemei celor patru centre fixe. (limba rusă). - Astron. J. v.52, nr.3, 1975.

Lagrange	Lagrange J.L.	Recherches sur le mouvement d'un corp's qui est attire par deux centres fixes. Oeuvres de Lagrange vol.2 pp 67
Legendre	Legendre A.	Traité de fonctions elliptiques et intégrales du Euleriennes, Paris.
Lukaşevici 1968	Lukaşevici E.L.	Orbite intermediare pentru sateliţii artificiali ai Pământului (limba rusă). - Astron. J. vol.45, nr.4, 1968.
Lukaşevici 1979 a	Lukaşevici E.L.	Despre un caz de integrabilitate a ecuaţiilor de mişcare a satelitului în câmpul gravitaţional necentral al Pământului. - Kosmiceskie Issledovenia, nr.3, 1979 (limba rusă).
Lukaşevici 1979 b	Lukaşevici E.L.	Cazul de integrabilitate a ecuaţiilor de mişcare a sateliţilor artificiali ținând cont de influența temenilor periodici ai potențialului gravitaţional. - Kosmiceskie Issledovenia, nr.6, 1979 (limba rusă).
Lukaşevici 1979 c	Lukaşevici E.L.	Proiectarea orbitelor aparatelor cosmice geodezice. - Geodezie și Cartografie nr.7, pag.18-22, 1979 (limba rusă).
Lukaşevici 1980	Lukaşevici E.L.	Traietoriile sateliţilor destinaţi observării Pământului din spaţiu. - Cercetarea Pământului din Cosmos, nr.3, pag. 91-97, 1980 (limba rusă).
Lukaşevici 1982	Lukaşevici E.L.; Saulski V.K.	Asupra unei clase de orbite necesare observării intensive a suprafeţei Pământului. - Cercetarea Pământului din Cosmos, nr.1, pag.116-121, 1982 (limba rusă).
Lukaşevici 1984	Lukaşevici E.L.; Saulski V.K.	Selecţia orbitelor sateliţilor destinaţi observării globale ale Pământului ziua și noaptea. - Cercetarea Pământului din Cosmos, nr.1, pag. 110-118, 1984 (limba rusă).
Mather 1987	Paul M. Mather	Computer processing of remotely sensed imagies: an introduction. John Wiley & Sons 1987
Newton 1959	Newton R.Robert	Motion of a Satellite Around an Unsymmetrical Central Body. - Journal of applied physics vol.30, nr.1, 1959
Oprescu 1977	Nicolaie Oprescu	Use of LANDSAT data for natural resources investigation in the lower basin of Danube and Danube Delta – final report of Agreement nr. 27940 with NASA Septembrie 1977
Oprescu 1980	Nicolaie Oprescu	Curs de teledeteţie Buletin de teledeteţie al CRAS – Comisia Română pentru Activităţi Spaţiale 1980
Oprescu 1984 Păunescu Păunescu	Nicolaie Oprescu Păunescu Cornel Păunescu Cornel	Teledeteţie Buletin de teledeteţie al CRAS 1984 Geodezie Satelitară 2008 Note de curs 2009

Payne 1963	Payne Mary	Two fixed center Aproximations to the Restricted Problem. – Preprint 63-390 la AIAA Astroynamics Conference, New-Haven, 1963. - volum cu titlul: Celestial Mechanics and Astroynamics. - în colecția: Progress în Astronautics and Aeronautics-vol.14 (editor Szebehely V.)
Ramm și alții 1980	Ramm N.S.; Kuzina A.M.; Malțeva I.G.	Parametrii orbitei și senzorii sistemelor de observare a mediului înconjurător. - Cercetarea Pământului din Cosmos, nr.2, pag. 57-65, 1980 (limba rusă).
Ramm și alții 1987	Ramm N.S.; Rynskaya A.K.	Relațiile dintre parametrii orbitei și geometria traiectoriilor sateliților de teledetecție. - Cercetarea Pământului din Cosmos, nr.5, pag. 106-113, 1987 (limba rusă).
Rees 1992	Rees W.G.	Orbital subcycles for Earth remote sensing satellites. - Int. J. Remote Sensing, vol.13 nr.5, 1992.
Rimrott 1989	Rimrott Fred P.J.	Introductory Orbit Dynamics. - Friedr. Vieweg & Sohn, Wiesbaden, 1989.
Robertson 1991	Robertson G.J.; Cvetkovic S.R.	Remote sensing with small satellites. - Int. J. Remote Sensing, vol.12 nr.1, 1991.
Robertson 1993	Robertson G.J.; Cvetkovic S.R.	Spacecraft design considerations for small Remote Sensing satellite. - I.E.E.E. Transactions on Aerospace and Electronic Systems, vol.29 nr.2, aprilie 1993.
Ryabov 1996	Ryabov Y.A.	Analytic-numerical solutions of restricted three body problem. - Rom. Astron. J. vol 6 nr.1, 1996.
Rynskaya 1987	Rynskaya A.K.	Orbitele izotraseu ale sateliților destinați unei acoperiri ale Pământului de lungă durată dar periodică, independente de iluminarea solară. - Cercetarea Pământului din Cosmos, nr.5, pag. 114-120, 1987 (limba rusă).
Săndulache, Chiș și Albotă 1980	Ckiș Ghe. Săndulache Alex. Albotă Mihai	Elemente de geografie și selenografie matematică Editura Științifică și enciclopedică 1980
Săndulescu 1984	Mircea Săndulescu	Geotectonica României Editura Tehnică 1984
Smith 1961	Smith O.K.	Computation of Coordinates from Brouwer's Solution of the Artificial Satellite Problem. - The Astronomical Journal vol.66, nr.7, 1961
Tallqvist 1927	Tallqvist H.	Über die Bewegung eines Punktes, welcher von zwei festen Zentren nach dem Newtonischen Besetze angezogen wird, Acta Soc. Scient. Feniccae (nova seria) vol 1,nr.1 1927
Ureche 1982	Ureche V.	Universul,vol. I. Astronomie,Editura Dacia, 1982.
Vais 1980	Manuel Vais	Pachet de programe pentru prelucrarea pe calculatoarele din gama FELIX a benzilor magnetice de la LANDSAT Buletin de teledetecție al CRAS nr.21 1980

Vais 1993	Manuel Vais	Studiu comparativ privind precizia a două modele statistice de clasificare, nesupervizată respectiv supervizată, a înregistrărilor de teledetecție din platforma continentală a Mării Negre, preluate cu ERS – 1, SPOT – 1 LANDSAT – TM, cu aplicabilitate în determinarea și evaluarea cantitativă a zăcămintelor de hidrocarburi. Agenția Spațială Română contract nr 731/1993
Vais 1995	Manuel Vais	Studiu documentar și de fiabilitate pentru elaborarea tehnologiilor de prelucrare a benzilor satelitare de teledetecție Agenția Spațială Română contract nr. 938/1995 program Orizont
Vais, Oprescu și alții 1995	Nicolaie Oprescu Manuel Vais Cora Brăescu Adrian Petrică Anca Pop Florin Șerban	Complex use of RADAR and Optical & IR remote sensing data for specific applications on the Danube Delta, the continental platform of the Black Sea and the seismic zone Vrancea. Second ERS Applications Workshop London 6 – 8 December 1995
Vais 1996	Manuel Vais	Tehnici de întărire a imaginilor și de detectare de contur. Agenția Spațială Română contract nr. 1367/1996 program Orizont
Vais, Oprescu și alții 1996	Nicolaie Oprescu Manuel Vais Cora Brăescu	Integration of SPOT and SAR – ERS imageries with other types of aero – satellite and terrain data, for studies on the Danube Delta and the continental platform of the Black Sea. The XVIII – th Congress of ISPRS Vienn July 9 – 19, 1996
Oprescu Vais și alții 1997	Nicolaie Oprescu Manuel Vais Cora Brăescu Ioan Șomârdolea	Some contributions to the integration of the terrain and airborne radiometry positioned on the aero – satellite remote sensing recordings for the monitoring of the natural resources; Case study Danube Delta Third International airborne remote sensing conference and exhibition 7 – 10 July 1997 Copenhagen, Denmark
Oprescu Vais și alții 1997a	Nicolaie Oprescu Manuel Vais Cora Brăescu	Technological researches and developments, regarding the use of SAR – ERS data independently and the integration of this data with other types of aero – satellite and ground informations, as well as determining their complementarity; perspectives to use RADARSAT data; Case study Danube Delta and the continental platform of the Black Sea. GER’ 97, The 19 th CANADIAN remote sensing symposium; May 24 – 30 1997 Ottawa, Canada
Oprescu Vais și alții 1998	Nicolaie Oprescu Manuel Vais Ioan Șomârdolea	Aero – satellite remote sensing for resource and environmental monitoring in Danube Delta and coastal zone of Black Sea in order to including us in international programs for Danube Basin and Black

		Sea. ECO BP '98 International symposium on resource and environmental monitoring local, regional, global. Budapest, 1 – 4 september 1998
Vais, Pal 1999	Arpad Pal Manuel Vais	On computing methods for intermediary orbits using the potential for six fixed centres with applications to the remote sensing satellites. Romanian Astronomical Journal 1999
Vais 2006	Manuel Vais	Land Management-Model for GIS PETROM International ESRI Users Conference USA, San Diego 2006
Vais 2010	Manuel Vais	Teledeteția – schiță istorică. NOEMA Revistă a Comitetului Român de Istoria și Filosofia Științei și Tehnicii Academia Română volumul IX 2010 pag.228 – 240.
Vais 2010 a	Manuel Vais	Monitorizarea poluării cu petrol în Bazinul Mării Negre Monitorul de Petrol și Gaze nr. 9 / 2010 pag.41 - 44
Vais 2011	Manuel Vais	Utilizarea imaginilor satelitare de teledeteție Monitorul de Petrol și Gaze nr. 2 / 2011 pag.44 - 51
Vais 2011 a	Manuel Vais	Recunoașterea faliiilor în imagini satelitare de teledeteție Monitorul de Petrol și Gaze nr. 3 / 2011 pag.44 - 51
Vinti 1959 a	Vinti J.P.	New Method of Solution for Unretarded Satellite Orbits. - Journal of Research of the National Bureau of Standards – B Mathematics and Mathematical Physics vol.62B nr:2 1959 pp. 105 - 169.
Vinti 1959 b	Vinti J.P.	Theory of an accurate intermediary orbit for satellite astronomy. - J. Res. Nat. Bur. Standards vol.63 B, nr.3, 1959
Vinti 1961	Vinti J.P.	Formulae for an Accurate Intermediary Orbit of an Artificial Satellite. - The Astronomical Journal Vol. 66 nr:9 1961.
Vinti 1962 a	Vinti J.P.	Intermediary Equatorial Orbit of an Artificial Satellite. - J. Res. Nat. Bur. Standards vol.66 B, nr.1, 1962
Vinti 1962 b	Vinti J.P.	The Spheroidal Method for Satellite Orbits. Proceedings of the First International Symposium on the Use of Artificial Satellites for Geodesy Washington D.C., April 26-28, 1962.
Welde 1889	Welde	Über einen Specialfall der Bewegung eines Punktes, welcher von zwei festen Centren angezogen wird, Berlin, 1889
Welde 1890	Welde	Bulletine des Sciences mathematiques, p 125, 1890