



**COLEGIUL AGROINDUSTRIAL „GHEORGHE
RĂDUCAN,, S. GRINĂUȚI,
R-NUL OCNIȚA**

SUPORT DE CURS

pentru disciplina:

SISTEME GEOINFORMAȚIONALE

**Specialitatea: 714100 Mecatronică,
mașini și utilaje agricole,
anul II, semestrul II**

(recomandat cadrelor didactice și elevilor)

Grinăuți

2022

Examinat:

În cadrul ședinței catedrei „Mecanica”

Șef catedră E. I. Calaraș Eduard

nr. 01 din 06.09.2022



Aprobat:

Consiliului metodic-științific

Președinte P. Percic Percic Petru

„01” 06.09.09 2022

Autor:

Pascari Inga, profesor de discipline economice și informatica, fără grad didactic,
Colegiul Agroindustrial „Gheorghe Răducan” din s. Grinăuți, r-nul Ocnița.

Suportul de curs a acestei discipline **Sisteme geoinformaționale**, pentru specialitatea 714100 Mecatronică, mașini și utilaje agricole, se încadrează în aria componentelor de formare a competențelor profesionale generale și se studiază în semestrul 2.

Studierea cursului se bazează pe cunoștințe și deprinderi în domeniul „GeoInformaticii”

Conținutul curriculum-ului este structurat pe 8 unități de învățare:

1. Definiții: Sistemele informaționale geografice
2. Aplicații GIS
3. Harta
4. Schema de organizare și strategii pentru implementarea unui GIS
5. Open GIS
6. ArcGIS 9.3

Această disciplină asigură pregătirea fundamentală necesară studiului altor discipline de specialitate, cu referință la calculator. Pentru însușirea temeinică a acestei discipline sunt necesare cunoștințe elementare și deprinderi practice inițiale din cursul școlar/liceal de informatică și geografie.

CUPRINS

ASPECTE INTRODUCȚIVE	4
1. Sistemul informațional geografic.....	5
1.1. Componentele unui sistem geoinformatic.....	6
2. Formate de reprezentare utilizate în GIS.....	8
2.1. Surse de date GIS.....	9
2.2. Tipuri de senzori și imagini satelitare modern.....	12
2.3. Tehnici de ameliorare a imaginilor.....	14
2.4. Generalități. Etape.....	17
2.5. Tipuri de clasificare folosite.....	18
3. Planuri și hărți.....	21
3.1. Descifrarea hărții. Semne convenționale.....	22
4. Principiul poziționării GPS.....	27
4.1. Modul relativ sau diferențial.....	28
4.2. Principalele erori în poziționarea GPS.....	30
4.3. Principiile generale ale topografiei.....	34
5. Metode de interpolare folosite în GIS.....	36
5.1. Distanța inversă la putere.....	38
SARCINI DE LUCRU.....	40
BIBLIOGRAFIA.....	44

INTRODUCERE

Un sistem geoinformatic poate fi definit ca o formă particulară a sistemelor informaționale, care gestionează date geografice. O definiție completă ar fi următoarea: un ansamblu de echipamente, programe și proceduri, proiectat pentru stocarea, administrarea, manipularea, analiza, modelarea și vizualizarea datelor spațiale pentru rezolvarea problemelor de planificare complexa și administrare.

Sisteme informaționale geografice permit combinarea de informații de diferite tipuri (cifre, imagini, hărți etc.), componente hardware și software, toate aflate sub directa coordonare și determinare a componentei umane (Wadsworth, Treweek, Geographical Information Systems for Ecology, Longman Publ. House, 1999).

În contextul complexului de discipline care tratează sistemele de administrare a resurselor de mediu, GIS reprezintă un instrument utilizabil la scară largă, pentru integrarea informațiilor provenite din investigații multidisciplinare pe criteriul poziționării geografice și contextului spațial în care se desfășoară.

În acest context, Sistemele Informaționale Geografice au avantajul unei reprezentării diferențiate a informației, în cadrul unor strate separate de date, afișabile diferențiat, în scopul interpretării vizuale a unor procese spațiale. Datorită caracterului **georeferențiat** al bazelor de date GIS (fiecare strat are coordonate spațiale atașate) se pot suprapune fișiere provenite din diferite campanii de culegere a datelor sau materiale cartografice întocmite în momente diferite.

1. Sistemul informațional geografic

Sistemul informațional geografic reprezintă un instrument cu aplicabilitate ridicată în domeniul din ce în ce mai variate. Astfel, deși în momentul de față, mare parte dintre aplicațiile GIS sunt legate de gestionarea mediului înconjurător, prima utilizare a acestor instrumente de analiză spațială înregistrată s-a aflat în domeniul medicinei (mai exact epidemiologiei). În 1854, John Snow, un doctor din Londra a întocmit o hartă care a suprapus cazurile de holeră din Soho și localizarea surselor de apă (fântâni). Astfel, prin utilizarea unor metode de interpolare spațială, a putut fi identificată sursa infecției cu holeră și stopată epidemia (fig. 1).

Utilizarea concretă a GIS, așa cum este perceput și în momentul de față, a început la mijlocul secolului trecut, ca mijloc de planificare teritorială, ținând cont de date privind pedologia, agricultura, zonele de recreere, fauna sălbatică, silvicultură și utilizarea terenurilor.

Cele mai recente utilizări ale GIS includ (exemple în fig. 2):

- **Gestionarea resurselor naturale**
- **Administrarea infrastructurii:**
 - Căi de comunicații
 - Rețele electrice
 - Rețele de gaz, apă, canal, termoficare etc.
- Sănătate – controlul epidemiilor
- Poliție – controlul infracționalității la nivel supracomunitar
- Etc.

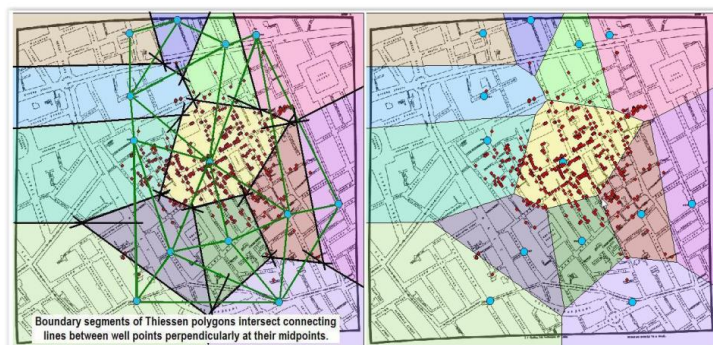
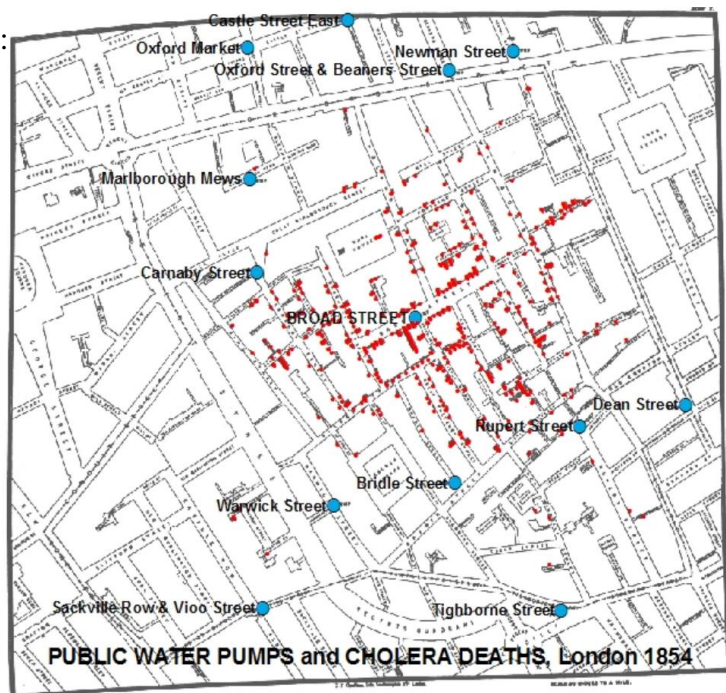


Fig. 1. Harta întocmită de John Snow în 1854, considerată prima utilizare a GIS-ului în epidemiologie

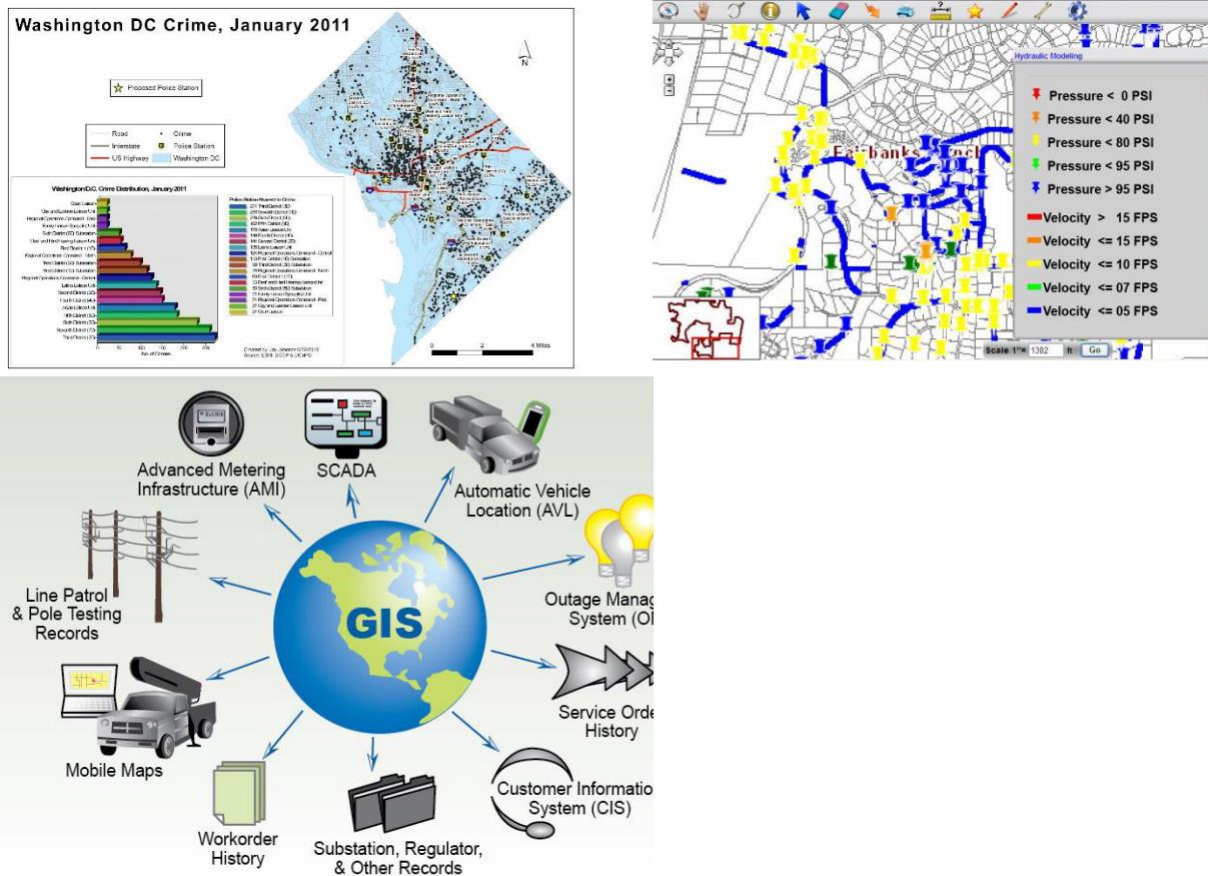


Fig. 2 Exemple de utilizare GIS în analiza criminalității, a rețelelor de aprovizionare cu apă, a rețelelor electrice

1.1. Componentele unui sistem geoinformatic

Ca orice sistem cibernetic, sistemul informațional geografic este compus din cinci subsisteme diferite, care interacționează permanent:

- **Persoane** - utilizatorii sistemului, care stabilesc obiectivele care trebuie atinse prin construirea unui GIS;
- **Proceduri** – procesele utilizate pentru atingerea scopurilor dorite;
- **Date** - informațiile necesare care stau la baza aplicației, ce pot proveni din diferite **surse de date**, interconectate prin referința spațială comună, date care transferă precizia cu care au fost preluate sistemului construit;
- **Software** – nucleul sistemului informațional geografic, reprezentat de o platformă de programe dedicate, cu utilizare generală sau dedicată unui anumit domeniu de activitate;
- **Hardware** - componentele fizice pe care va rula sistemul, care trebuie să satisfacă anumite cerințe de procesare și stocare adaptate cantității de date ce urmează a fi procesate.

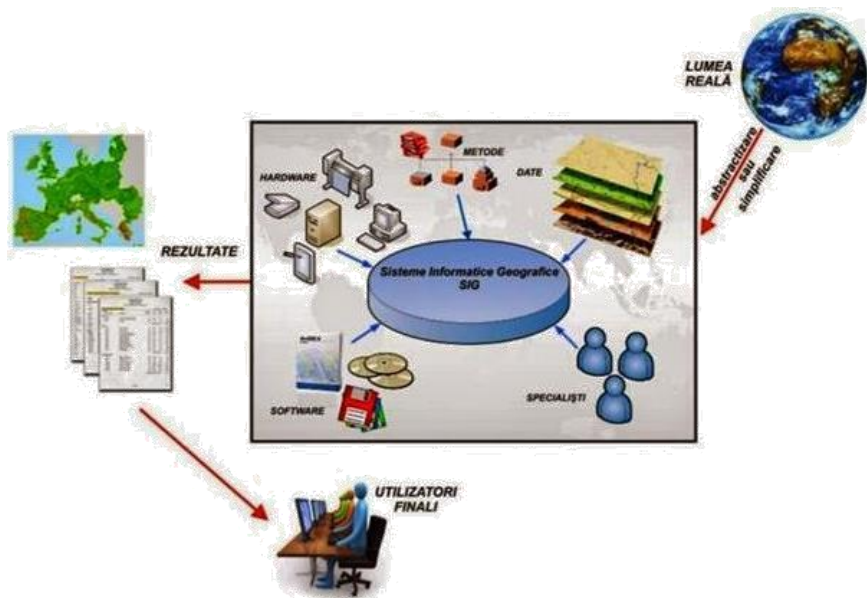


Fig. 3. Componentele unui sistem geoinformațional

În acest caz este necesar să se suprapună strate de date (*data layers*) care să conțină informații privind *topografia* terenului (harta altitudinilor, a înclinării terenului), harta substratelor geologice, a utilizării terenului, limitele rezervațiilor științifice, ale zonelor de agrement, ale zonelor afectate de eroziune etc. Fiecare set de date menționat poate ocupa un strat de date introdus într-un GIS și poate fi utilizat la examinarea respectării condițiilor de proiectare din punctul de vedere al protecției resurselor de mediu (fig. 4).

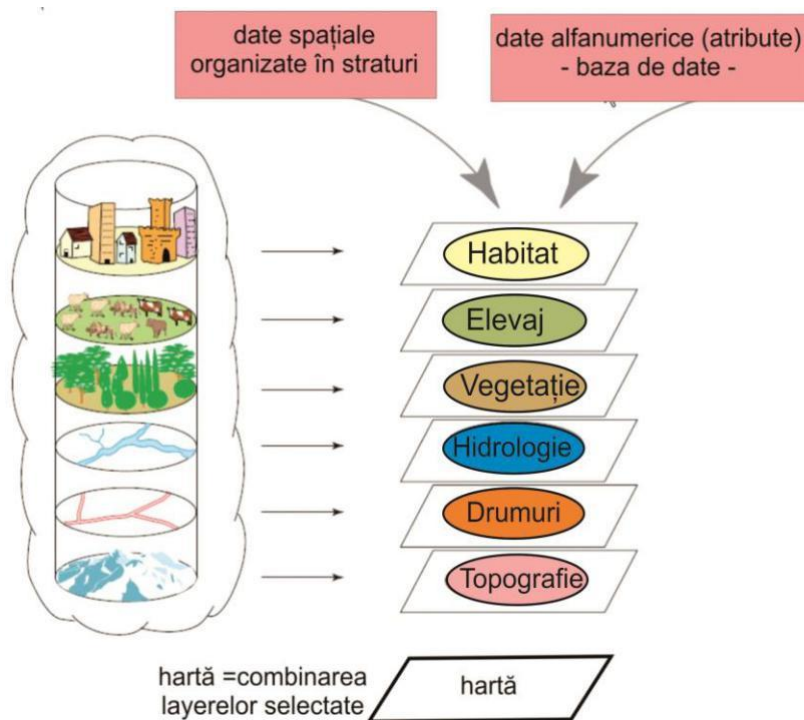


Fig. 4. Exemplu de succesiune a stratelor date utilizate într-un GIS

2. Formate de reprezentare utilizate în GIS

Fiecare strat de date poate să conțină informații reprezentate în formate diferite, în funcție de gradul de procesare a informațiilor-sursă inițiale. În acest context se definesc cele două formate specifice GIS: RASTER și VECTOR.

Formatul RASTER este un sistem de reprezentare discontinuu, bazat pe o matrice de unități elementare, denumite *pixeli*, care se succed într-o anumită secvență și sunt afișați pe ecranul calculatorului în funcție de poziția în cadrul matricii și o *valoare* asociată (fig. 5). Caracteristic acestui format este faptul că fiecare pixel de imagine este stocat separat, chiar dacă în analiză este considerat pixel de fundal, fără informații semnificative atașate. În acest fel, cantitatea de informații conținută și implicit spațiul ocupat în memoria calculatorului sunt ridicate.

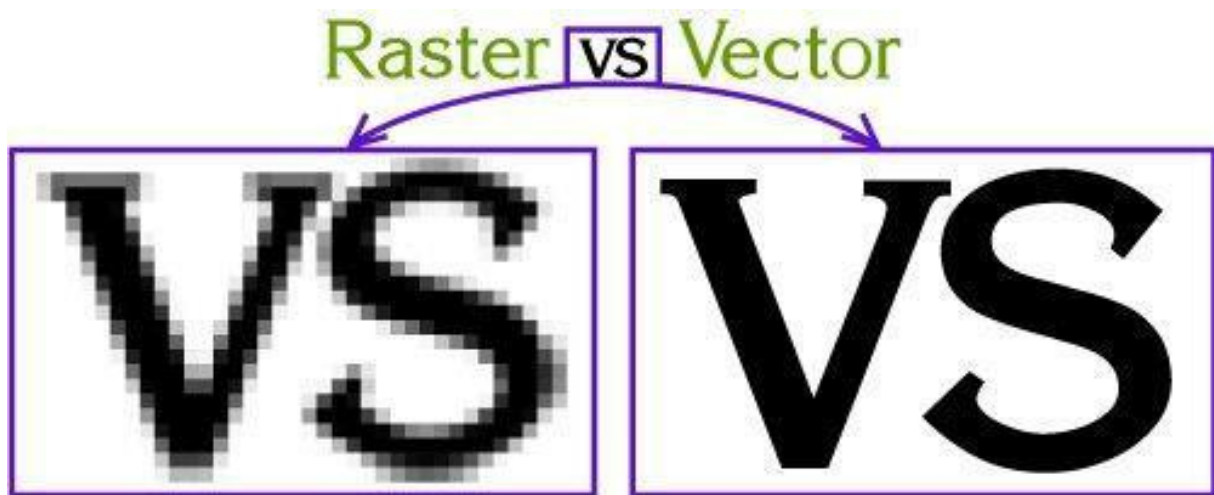


Fig. 5. Principiul de reprezentare a informațiilor spațiale în format VECTOR și RASTER

Acest format este utilizat atât în prezentarea surselor imagistice de date GIS (fotografii aeriene sau satelitare, planuri sau hărți scanate etc.) cât și ca element finit al activităților de întocmire a hărților în format GIS.

Reprezentarea informației are un caracter discret, discontinuu, astfel încât detaliile liniare, continui în realitate, sunt reprezentate neregulat, datorită formei pătrate a pixelilor care reprezintă detaliul respectiv. În acest context devine importantă *rezoluția* unui fișier RASTER, termen care, *în sens restrâns*, definește numărul de pixeli din cadrul unui fișier RASTER. Practic, cu cât un detaliu este reprezentat prin mai mulți pixeli, cu atât reprezentarea acestuia este mai apropiată de forma reală a acestui detaliu (fig. 6). Formatul VECTOR este bazat pe clasificarea detaliilor prin clasificarea în primitive grafice, care se reprezintă prin coordonatele punctelor caracteristice, în cadrul unui sistem de coordonate real, atașat poziției spațiale a detaliului reprezentat. În acest fel,

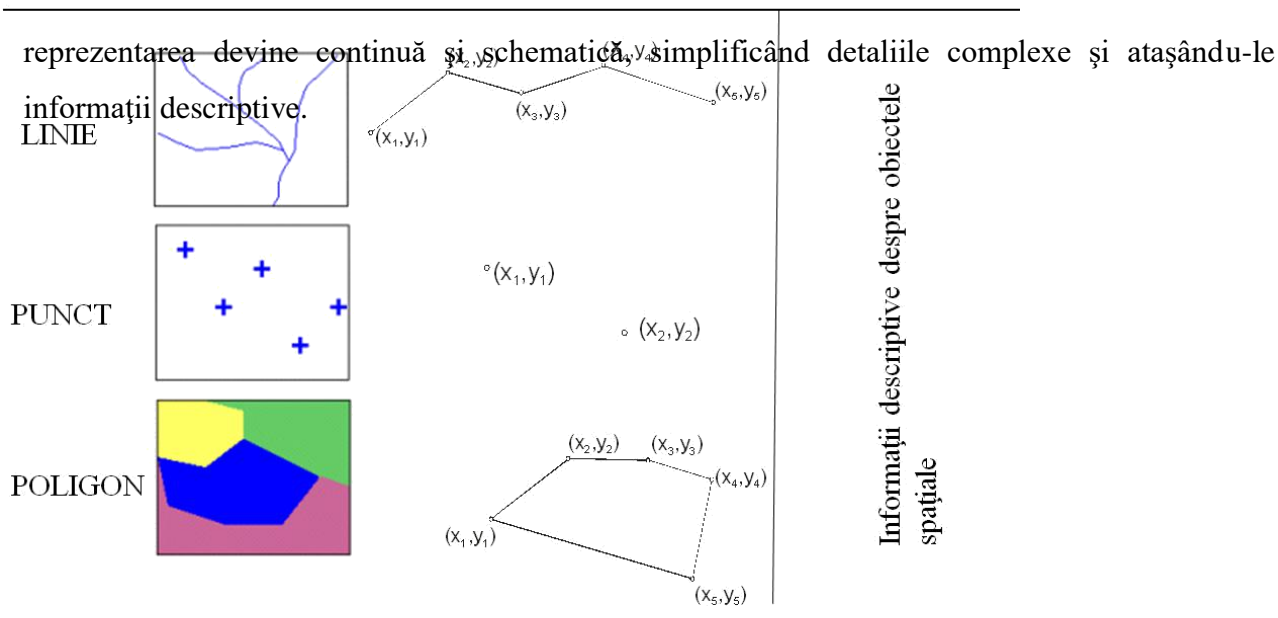


Fig. 6. Formele elementare (primitive grafice)

Sistemul vector se bazează pe primitive grafice. Primitiva grafică este cel mai mic element reprezentabil grafic utilizat la crearea și stocarea unei imagini vectoriale și recunoscut ca atare de sistem. Sistemul vectorial se bazează pe cinci primitive grafice:

- 1) PUNCTUL;
- 2) ARCUL (sau linia ce unește punctele);
- 3) NODUL (punct care marchează capetele unui arc sau care se află la contactul dintre arce);
- 4) POLIGONUL (arie delimitată de arce);
- 5) CORPUL (volum determinat de suprafețe).

Obiectele cartografice simple sunt alcătuite din primitive. Obiecte cartografice mai complexe precum și obiectele geografice sunt obținute din combinarea obiectelor simple. În continuare vom detalia aceste noțiuni într-o manieră simplificată având drept scop înțelegerea lor și nu tratarea sub toate aspectele care pot apare într-un soft GIS.

2.1. Surse de date GIS

Imaginile satelitare, deși folosite de puțin timp comparativ cu celelalte mijloace terestre de investigare a Pământului, au avut, în timp, o evoluție impresionantă din punctul de vedere al utilizărilor efective cunoscute. Principalul motiv este reprezentat de modificarea continuă a caracteristicilor acestor imagini și specializării acestora pe diferite aplicații practice. Indiferent de utilizare, există însă unele trăsături principale ale imaginilor care trebuie avute în vedere la alegerea unui anumit tip ce urmează a fi utilizat și care trebuie reținute.

Rezoluția spectrală se referă la numărul de benzi în care este disponibilă imaginea satelitară a unei porțiuni a scoarței terestre. Această caracteristică este strâns legată de intervalul spectral al undelor luminoase la care este sensibil senzorul de preluare a imaginii. **Zona din spectrul electromagnetic** în care este preluată imaginea satelitară diferă în funcție de tipul de senzor folosit pentru captare. La sateliții moderni se folosesc senzori multispectrali sau hiperspectrali (Lillesand, Kiefer, 2000).

Senzorii multispectrali împart spectrul electromagnetic al luminii provenite de la Soare și reflectate de suprafața activă (reprezentată de scoarța terestră sau diversele învelișuri de vegetație) în mai multe benzi, în număr de 4-7 la sateliții din seria Landsat, 4-5 la sateliții din seria SPOT, 4 benzi la IKONOS 2 și Quickbird.

Domeniile spectrului electromagnetic cele mai utilizate în cazul sateliților multi și hiperspectrali sunt: domeniul vizibil (împărțit în general în roșu, verde și albastru), domeniul infraroșu (împărțit în infraroșu apropiat, infraroșu mediu, infraroșu cu unde scurte, infraroșu termal) și domeniul microundelor, din care fac parte undele RADAR.

Un loc special este ocupat în această clasificare de către sateliții care folosesc senzori tip SAR, caracterizați printr-un caracter dual, respectiv atât emițător de unde din domeniul lungimilor de undă RADAR, cât și receptor al undelor reflectate de suprafața activă. Acest fapt face ca datele preluate în acest mod să poată fi folosite pentru calculul cotelor punctelor identificabile, la o singură trecere a satelitului peste zona de interes, spre deosebire de celelalte cazuri în care modelul tridimensional al terenului nu poate fi obținut decât prin folosirea în cuplu a imaginilor luate din două puncte diferite. O importanță din ce în ce mai ridicată este acordată senzorilor hiperspectrali, care împart zone relativ reduse din cadrul spectrului electromagnetic într-un număr foarte mare de benzi (până la 200), rezultând imagini care pot fi folosite în caracterizarea precisă a suprafețelor active de reflexie sau a suprafețelor de transmisie.

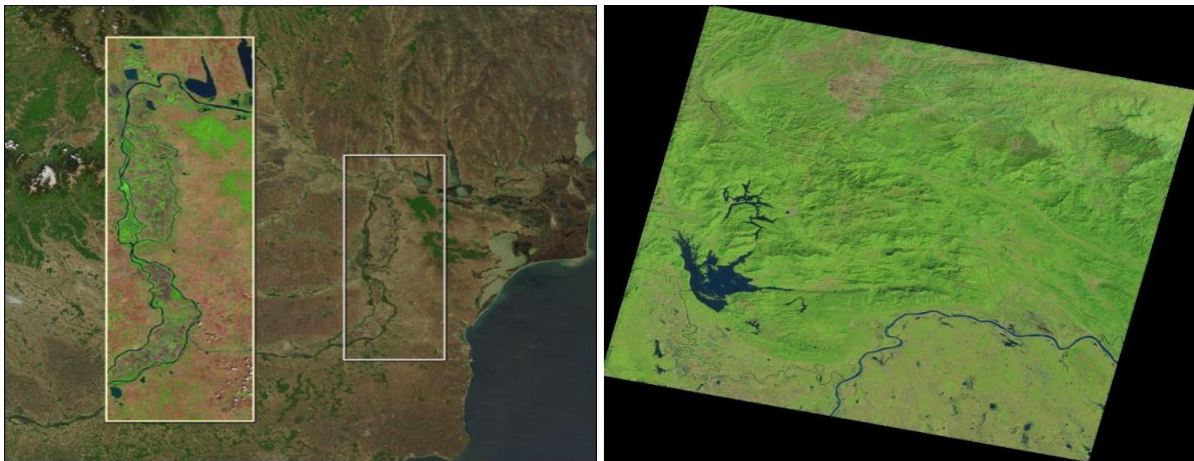
Rezoluția spațială (la sol) este o caracteristică ce a evoluat foarte mult în ultimii ani, în contextul specializării stricte a senzorilor în funcție de folosința căreia sunt destinați. Rezoluția spațială este dată de mărimea corespondentă la sol unui pixel (unitate) de imagine. Astfel, sateliții multispectrali, care preiau imagini într-un număr redus de benzi, au ajuns la o rezoluție spațială foarte bună: 2m în pancromatic și 8m în celelalte benzi pentru FORMOSAT, 1m și respectiv 4m pentru imaginile IKONOS 2, 0,62 și respectiv 2,4m pentru imaginile QUICKBIRD.

Pe de altă parte, în cazul sateliților hiperspectrali, care împart spectrul luminos într-un număr de benzi care poate să ajungă chiar la 2-300, s-a neglijat această caracteristică în favoarea filtrării foarte înguste a radiațiilor luminoase și a posibilității de livrare rapidă a imaginilor, de multe ori necesare aproape în timp real (de exemplu în cazul sateliților meteorologici) (Bonn, Rochon, 1992).

Rezoluția temporală, respectiv durata de revenire deasupra unei anumite locații este strâns legată de numărul de orbite necesar pentru acoperirea completă a scoarței Pământului. Aceste caracteristici țin de caracteristicile tehnice ale satelitelui (înălțimea de zbor în principal), dar și de altă trăsătură a imaginilor satelitare, respectiv mărimea scenei preluate.

Prețul și modul de procurare a imaginilor. Dacă la început imaginile satelitare erau rezultatul unor investiții majore făcute în general de domeniul militar, de-a lungul timpului au devenit mult mai accesibile, chiar și publicului larg prin programe care pun la dispoziție pe internet imagini de medie și joasă rezoluție. Ca exemple de surse gratuite gratuite de imagini satelitare menționăm:

- <http://www.resmap.com>,
- <http://www.pancroma.com>,
- <http://glcf.umd.edu/data/landsat>, -
[http://landsat.usgs.gov/Landsat Search and Download.php](http://landsat.usgs.gov/Landsat_Search_and_Download.php),
- <http://earthexplorer.usgs.gov>



MODIS – 30 benzi spectrale, 1 pixel = 250 m LANDSAT – 6-8 benzi spectrale,
1 pixel = 15-120 m



IKONOS – 5 benzi spectrale, 1 pixel = 1-4 m ORTOFOTOPLAN – 6-8 benzi spectrale,
1 pixel = 15-120 m

Fig. 7. Exemple de surse de date imagistice integrabile în Sisteme Informaționale Geografice

2.2. Tipuri de senzori și imagini satelitare moderne

Față de anul 1954, când URSS a lansat primul satelit artificial (Sputnik 1), s-a înregistrat o diversificare a tipurilor de sateliți și receptori în funcție de domeniul în care sunt necesare: imagini multispectrale cu rezoluție din ce în ce mai ridicată utilizate în caracterizarea unor fenomene punctuale de la nivelul solului, imagini din spectrul RADAR pentru determinarea cât mai precisă a cotelor relative ale punctelor, imagini hiperspectrale, cu rezoluție mai mică la sol, dar care împart spectrul într-un număr foarte mare de benzi (până la 200) sau imagini cu rezoluție spațială mică, dar cu rezoluție temporală mare, care pot fi livrate în timp real.

Privitor la sateliții lansați în scopul urmăririi și gestionării resurselor terestre, folosința civilă durează începând cu anii '70 și și-a căpătat, după 30 de ani, un rol din ce în ce mai important.

Senzorii cu care sunt dotați sateliții s-au perfecționat continuu, existând următoarele categorii (Gibson, Power, 2000):

- de tip LANDSAT, folosiți la LANDSAT, SPOT, IRS
- hiperspectrali (EOS);
- de înaltă rezoluție (IKONOS, QUICKBIRD);
- RADAR (ERS).

În cadrul diverselor programe spațiale inițiate în timp s-au folosit diverși sateliți cu senzori proprii de diferite caracteristici (tab. 6). Concurența pe de altă parte a condus la lansarea lansarea unor sateliți comerciali, cum este cazul satelitului IKONOS 2, FORMOSAT 2 sau QUICKBIRD, precum și la avansarea și diversificarea tehnologiilor de preluare a imaginilor. În aceste condiții imaginile satelitare au ajuns la rezoluții asemănătoare cu cea a fotogramelor preluate pe cale aeriană având caracteristici asemănătoare, iar prețurile au scăzut foarte mult ajungând la aproximativ 30€ pentru 100 de hectare (www.spaceimaging.com, www.eurimage.com). Toate au însă avantajul unei mai bune precizii spațiale.

Caracteristici ale unor sateliți existenți

Tabelul 6

Denumirea	Senzori	Număr benzi spectrale	Rezoluție la sol (m)
Landsat 5	TM	7	30-120
	MSS	4	82
Landsat 7	ETM	7	15-30
SPOT 2	HRV	4	10-20
SPOT 4	HRV	5	10-20

	VI	4	1150
SPOT 5	HRV, VI	5	5-1150
RESURS 01-3	MSU-KV	5	170-600
IRS – 1B	LISS	4	36-72
IRS – 1C, 1D	LISS	4	23-70
	PAN	1	5,8
IRS – P4 (OCEANSAT)	OCM	8	360
JERS – 1	VNIR, SWIR	8	20
	SAR	1	18
ALMAZ	SAR	3	4-40
RADARSAT	SAR	1	9-100
ERS 1,2	AMI (SAR)	1	26
	ATSR	4	1000
SPIN 2	KUR-1000	1	1-1,56
	TK 350	1	10
SPACE IMAGING	IKONOS 2	5	1-4
NOAA-15	AVHRR	5	1100
NOAA-14	AVHRR	5	1100
NOAA-L	AVHRR	5	1100
ORBVVIEW-2 (SEASTAR)	SeaWiFS	8	1130
ORBVVIEW-3	SeaWiFS	5	1-4
EARTHWATCH	QUICKBIRD	5	0,62-3,2
EROS A+, B	CCD/TDI	1	0,9-1
CBERS-1	CCD	5	20
	IRMSS	4	80-160
	WFI	2	260
TERRA (EOS – AM1)	ASTER	14	15, 30, 90
	MODIS	36	250, 500, 1000
	MISR	4	275
ARIES	VNIR	105	10-30

Schimbările climatice, nevoia de cartare și descriere a resurselor naturale, de interpretare topografică a diferitelor zone de pe suprafața Terrei au dus la apariția de date satelitare din ce în ce mai diversificate pentru diverse domenii de activitate, respectiv în sensul măririi rezoluției

spațiale la nivelul solului, a sporirii sensibilității spectrale, sau a creșterii preciziei de întocmire a modelului tridimensional al terenului.

2.3. Tehnici de ameliorare a imaginilor

Creșterea contrastului, ca metodă de lucru în ameliorarea imaginilor, se referă la lărgirea intervalului de variație a valorilor pixelilor în cadrul histogramei frecvențelor la anumite numere digitale. Mulți senzori lucrează cu o paletă de 256 de nuanțe de gri la captarea imaginilor satelitare, ceea ce înseamnă practic că valorile digitale ale pixelilor au valori între 0 și 255. În acest context, creșterea contrastului urmărește să extindă intervalul de variație al valorii pixelilor dintr-o imagine (care de obicei este mai restrâns decât de la 0-255) la intervalul maxim de variație (fig. 8). Prin aplicarea acestui procedeu se obține o creștere liniară a contrastului; în afară de acest mod de lucru se mai poate folosi creșterea contrastului prin egalizarea histogramei, metodă care ține cont de frecvența de apariție a unei anumite valori a unui pixel.

Este important de reținut că înainte de aplicarea tehnicilor de transformare a imaginilor prin mărirea contrastului este nevoie să se aplice celelalte tehnici de pregătire a imaginilor legate de îndepărtarea zgomotului, aplicarea corecțiilor radiometrice pentru reducerea influenței atmosferei asupra înregistrărilor, etc. Aceste distorsiuni pot să ducă la extinderea intervalului valorilor pixelilor înafara intervalului caracteristic pentru suprafețele active de la sol și să inducă distorsiuni suplimentare în datele satelitare.

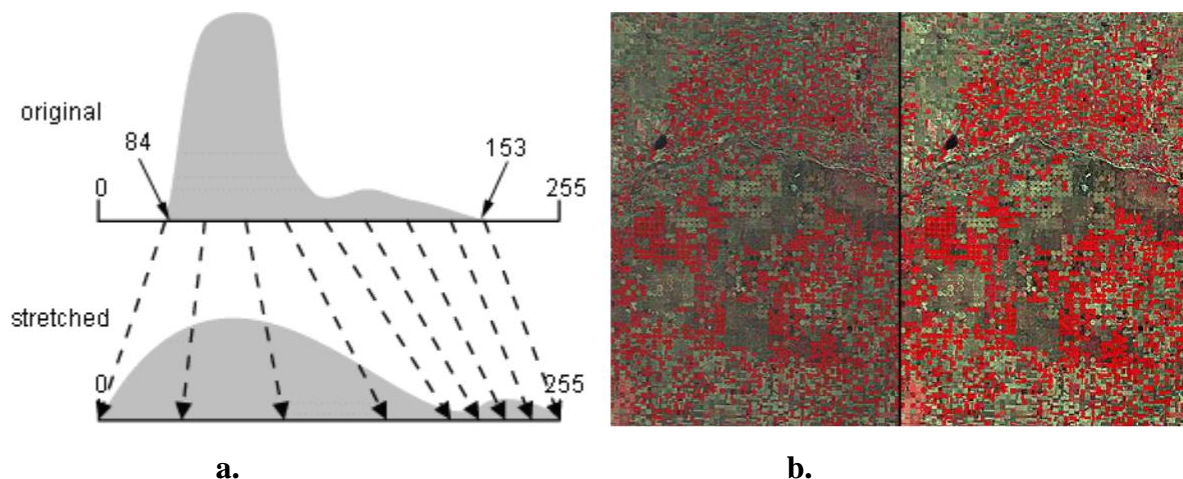


Fig. 8. Modul de aplicare a creșterii liniare a contrastului (a) și efectul asupra imaginii (b)

(Glossary of Remote Sensing Terms)

Îmbunătățirea rezoluției

Satețiții multispectrali au avantajul faptului că prezintă posibilitatea captă a două tipuri de imagini: imagini multispectrale, în general în cadrul a 4-7 canale spectrale și imagini în pancromatic, canal care se suprapune din punct de vedere spectral peste porțiunea din vizibil a

spectrului de radiații. Diferențele dintre cele două tipuri de imagini se regăsesc nu numai din punct de vedere spectral, ci și din punctul de vedere al rezoluției spațiale, de obicei de patru ori mai mică în cazul imaginilor multispectrale față de pancromatic. Din această cauză, devine utilă **combinarea rezoluțiilor** prin funcția „**resolution merge**” a programelor de specialitate. Prin această funcție se realizează practic o interpolare între pixelii din imaginea multispectrală și cei din pancromatic, rezultând o imagine multistrat cu rezoluția egală cu a pancromaticului (fig. 9).

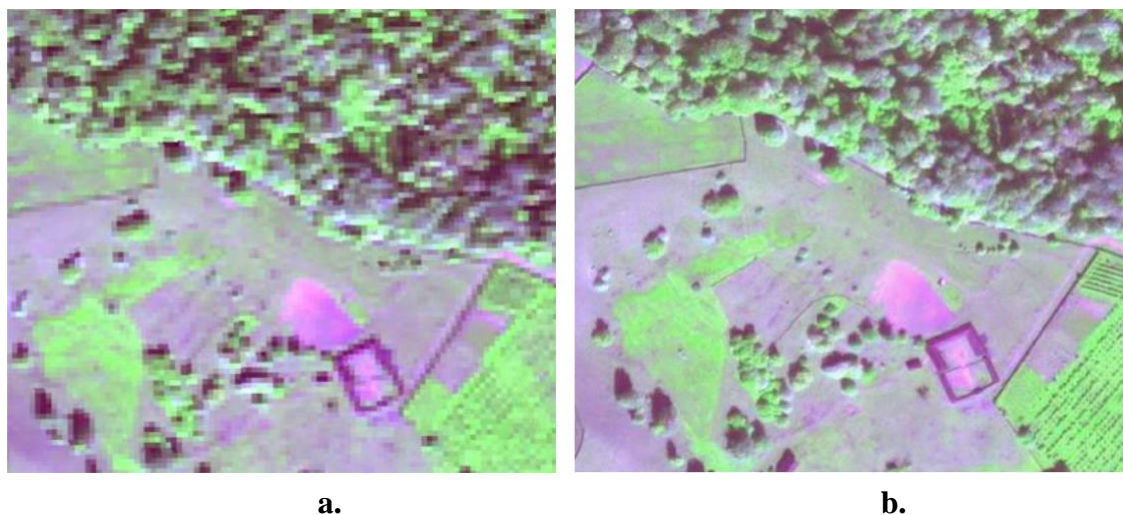


Fig. 9. Efectul aplicării funcției „resolution merge”: a. imagine IKONOS în combinația RGB – Verde Roșu IRA obținută prin suprapunere; b. imagine IKONOS în aceeași combinație în urma aplicării funcției „resolution merge”

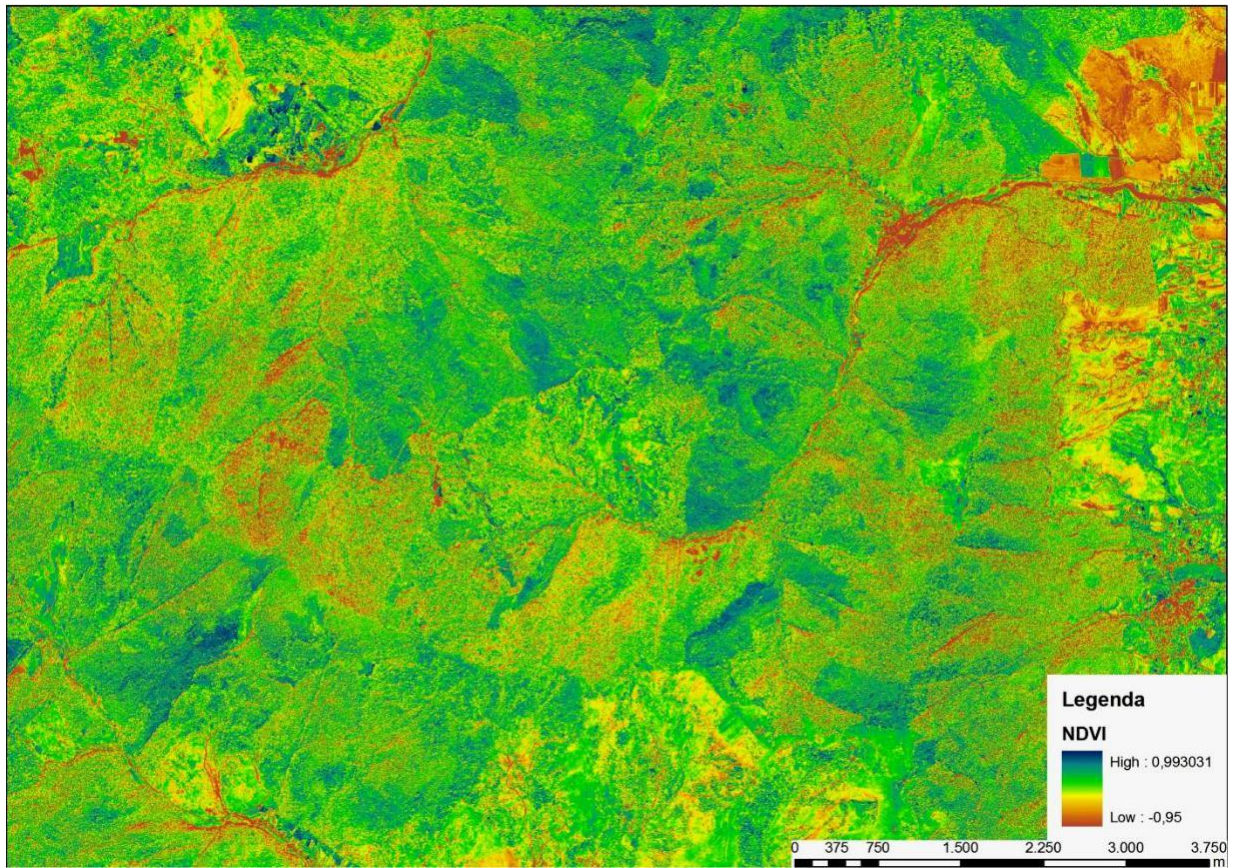
Indicii de vegetație reprezintă, după caz, indicatori simpli sau complecși de analiză a vegetației prezente pe suprafața solului prin raportarea, în anumite combinații, a valorii pixelilor din benzile spectrale ale senzorilor satelitari, benzi recunoscute pentru sensibilitatea la parametrii de stare ai vegetației.

Cel mai des folosite în acest caz sunt transformările care utilizează imaginile preluate în canalele spectrale infraroșu apropiat și roșu, canale spectrale recunoscute drept sensibile la parametrii de stare ai vegetației.

Asemenea indici și derivatele lor devin instrumente utile în monitorizarea proceselor legate de radiația fotosintetic activă absorbită de vegetație. În acest mod este posibil studiul fenomenelor fiziologice ce se petrec în coronamentul ecosistemelor forestiere, la scară largă și se corelează cu alte caracteristici ecologice (evoluția fenofazelor, productivitatea primară, cantitatea de carbon fixată, evapotranspirație, eficiență hidrologică, cantitatea de apă din sol consumată).

În esență, indicii de vegetație reprezintă o măsură a densității învelișului foliar al vegetației și pot fi integrați cu măsurătorile terestre privind indicele suprafeței foliare.

a.



b.

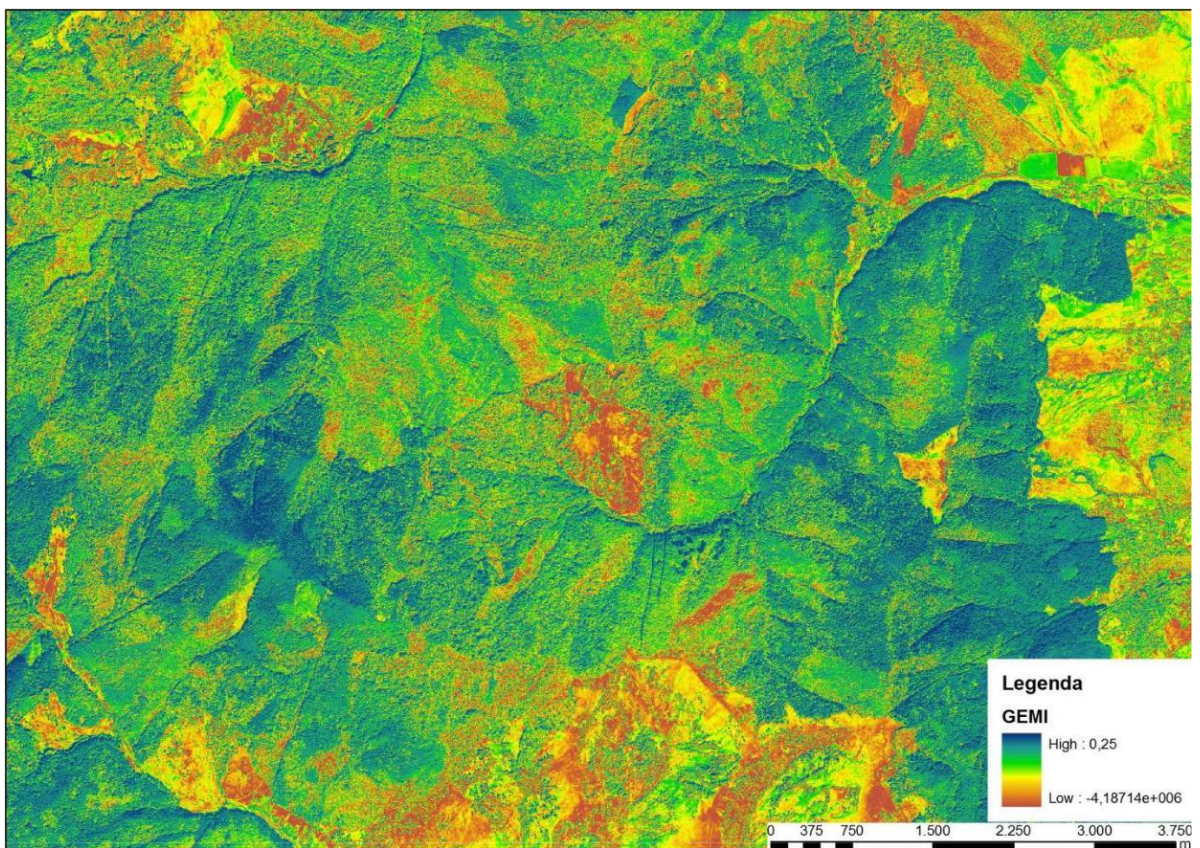


Fig. 10. Indici de vegetație calculați: a. NDVI; b. GEMI

Calculul indicilor de vegetație s-a făcut în cercetările întreprinse pentru fiecare dintre pixelii imaginilor IKONOS prin aplicarea formulelor matematice cunoscute. Au fost folosite aplicații specializate de analiză de imagini, respectiv modulul *Interpreter* al programului *ERDAS Imagine 2009* și extensia *Spatial Analyst* din platforma *ArcGIS 9.3*. În cadrul prelucrărilor în ERDAS au fost utilizate imagini multistrat, rezultate în urma aplicării funcției *subset* asupra imaginilor cu rezoluția inițială, deci înainte de aplicarea funcției *resolution merge*; în *ArcGIS* au fost utilizate imaginile brute, în format *GEOTIFF*.

2.4. Generalități. Etape

Obiectivul general al aplicării tehnicilor de clasificare a imaginilor satelitare este de a categoriza în mod automat toți pixelii dintr-o imagine în clase ale tipurilor de învelișuri ale scoarței terestre. Pentru aplicare se folosesc imagini multispectrale sau hiperspectrale, asupra cărora se intervine cu tehnici de recunoaștere a formelor în domeniul spectral și spațial. Imaginile multispectrale au avantajul că permit, prin analiză combinată a imaginilor multiple, identificarea și folosirea în cadrul operațiilor de clasificare a modelelor spațiale, date de răspunsul spectral combinat al unui anumit tip de suprafață activă de la sol. *Procedurile de recunoaștere spectrală a formelor* reprezintă un complex de metode de clasificare care utilizează răspunsul spectral determinat pentru fiecare în anumite intervale de lungimi de undă ca bază pentru clasificarea automată.

Recunoașterea spațială a formelor se referă la clasificarea pixelilor în funcție de caracteristicile pixelilor aflați în vecinătatea lor, până la o anumită distanță stabilită de utilizator. Dacă facem o analogie cu metodele de clasificare din fotogrammetria clasică, metodele de clasificare pot fi bazate pe analiza texturii, analiza celui mai apropiat vecin, analiza mărimii și formei detaliului, direcție, repetiție pe cuprinsul imaginii și context. Toate aceste metode, aplicate în mod automat sau interactiv în analiza de imagini încearcă să realizeze operațiile caracteristice în fotogrammetria clasică operatorului uman care realizează încadrarea în clase a zonelor de imagine. Tocmai datorită complexității procedurilor, recunoașterea spațială a formelor este mai dificilă și necesită o putere de calcul mai ridicată decât recunoașterea spectrală a formelor.

Recunoașterea temporală a formelor este folosită în același timp pentru sporirea preciziei de încadrare în clase. Informațiile preluate la anumite momente în cadrul ciclului de dezvoltare a vegetației în anumite zone sunt utile în recunoașterea acelor detalii care sunt mai puțin vizibile în cadrul unei analize singulare a imaginilor preluate într-un singur moment din evoluția fenomenului respectiv.

Clasificarea spectrală a pixelilor ce alcătuiesc o imagine se poate realiza prin câteva moduri principale: **clasificare supervizată**, **clasificare nesupervizată** și **clasificare mixtă**. Practic, ca și în cazul metodelor de corectare și ameliorare a imaginilor satelitare, nu există un algoritm optim de clasificare a unei imagini, ci mai degrabă un mod de alegere a grupei de metode cu cele mai bune rezultate în clasificare, în funcție de natura suprafeței identificate, de tipurile de imagini disponibile și de caracteristicile acestora, de tehnica de calcul disponibilă, de modul de utilizare ulterioară a datelor extrase prin aceste metode, etc.

2.5. Tipuri de clasificare folosite

Clasificarea supervizată se bazează practic pe introducerea fiecărui pixel dintr-o imagine într-o anumită clasă, corespunzătoare unui anumit tip de suprafață activă de la sol, în urma unui proces complex, care conține un stadiu de analiză a datelor de teren și de identificare a răspunsului spectral al fiecărui detaliu de la sol (*training stage*) și un stadiu de clasificare propriu zisă în funcție de caracteristicile pixelilor din imagine și de semnăturile spectrale identificate prin compararea răspunsului spectral cu parametrii suprafețelor de la sol, determinate în cadrul anumitor zone test. În final, datele rezultate pot fi prezentate ca hărți tematice, ca date statistice numerice sau integrate în bazele de date ale Sistemelor Informatice Geografice.

Stadiul de determinare a semnăturilor spectrale reprezintă o etapă din procesul de clasificare supervizată în care intervenția operatorului trebuie să aibă o pondere foarte ridicată, spre deosebire de celelalte etape, care sunt automatizate într-un grad foarte înalt. Operatorul trebuie să cunoască foarte bine zona de studiu, să identifice zonele de interes, tipurile de suprafețe care reprezintă obiectul clasificării, tipurile de suprafețe active cu caracteristici asemănătoare care ar putea fi incluse în alte clase datorită similitudinilor. Reușita clasificării depinde de corectitudinea cu care este realizat acest stadiu și de reprezentativitatea datelor rezultate. Practic, prin acest stadiu se urmărește obținerea unui set de date statistice care să descrie din punct de vedere al răspunsului spectral fiecare tip de suprafață care urmează a fi clasificată. Rezultatul este reprezentat practic de un nor statistic de corelație, reprezentat în spațiul multidimensional al valorii pixelilor și radianței măsurate în fiecare dintre benzile folosite în acest proces.

Pentru a obține rezultate mulțumitoare, trebuie ca fiecare clasă de informație prezentă în teren să fie caracterizată prin intervalul de valori ale pixelului care alcătuiesc semnătura spectrală a suprafeței respective. Este necesar, de asemenea, să nu se constituie clase prea generale și acolo unde cazurile din teren o cer, să se separe clase în funcție de variația graduală a anumitor valori (de exemplu dacă avem în imagine suprafețe pe care vrem să le clasificăm drept „apă” trebuie să vedem dacă suprafețele respective nu se diferențiază sub

aspectul turbidității, caz în care trebuie să separăm două clase în funcție de conținutul în aluviuni).

Modul de separare și selectare a zonelor de determinare a semnăturilor spectrale este particularizat în funcție de resursele hardware și de particularitățile zonei de studiu. Astfel, zona de interes poate fi evidențiată prin selectare directă cu unelte specifice de selectare (mouse, joystick, etc.), utilizând forme diferite ale zonei selectate în funcție de programul informatic folosit. Valoarea pixelului este măsurată în fiecare punct al suprafeței respective. Altă metodă de lucru este aceea a pixelului caracteristic (*seed pixel*), în care se alege un pixel considerat relativ caracteristic pentru zona din proximitatea lui. Prin o serie de determinări statistice se identifică pixelii cu caracteristici asemănătoare și sunt selectați ca zonă de interes.

Indiferent de modul în care este selectată zona de interes de pe imagine, trebuie să se țină cont tot timpul de reprezentativitatea pixelilor din zona selectată pentru clasa în cadrul căreia sunt definiți. Numărul minim de pixeli care teoretic ar trebui să fie conținuți în zona selectată este egal cu $n+1$, unde n este numărul de benzi spectrale folosit în clasificare (Liellesand, Kiefer, 2000). Acest număr minim este acoperitor doar din punct de vedere teoretic, nefiind acoperitor și din punct de vedere statistic datorită variabilității ridicate a valorii pixelului chiar în cadrul aceleiași clase datorită condițiilor locale. În mod normal, în practică se iau în considerare pentru definirea unei clase un număr de pixeli cuprins între $10n$ și $100n$, suficienți pentru calculul parametrilor statistici ai distribuției valorilor. Este considerat că precizia de clasificare și reprezentativitatea cresc cu numărul de pixeli luați în considerație; limitarea acestui număr se face prin condiții de eficiență.

Alt aspect important în selectarea pixelilor este acela al distribuției zonelor selectate în cuprinsul imaginii. Astfel, este mai reprezentativ să luăm același număr de pixeli dar distribuiți în zone de interes (*area of interest* – AOI) cu suprafață mică dar situate dispersat pe parcursul imaginii.

Una dintre metodele de analiză a seturilor de valori ale pixelilor este *reprezentarea grafică a modelului răspunsului spectral*. În acest caz se prezintă o histogramă a valorilor înregistrate ale pixelilor în fiecare canal spectral pentru zona delimitată prin metodele specificate anterior. Se consideră că există o bună reprezentativitate a pixelilor aleși pentru clasa respectivă dacă frecvențele de apariție a valorilor pixelilor sunt normal distribuite, cu asimetrie redusă. Dacă distribuțiile în anumite benzi nu sunt unimodale, și prezintă două maxime se poate concluziona că avem de a face cu două populații statistice diferite, reprezentate de două subclase ale clasei pentru care s-a determinat răspunsul spectral.

O altă situație destul de des întâlnită este aceea a coincidenței graficelor spectrale. În acest caz se observă suprapuneri în anumite benzi spectrale a intervalelor de variație a valorii pixelilor pentru mai multe clase. În acest caz nu putem conta pe o bună clasificare a imaginii

dacă luăm în calcul doar o singură imagine; în schimb se poate îmbunătăți capacitatea de a decela între anumite clase asemănătoare din punctul de vedere al răspunsului spectral prin analiza concomitentă a acelor benzi caracteristice pentru diferențiere.

Diferențierea cantitativă a categoriilor presupune întocmirea unei matrice de determinare a gradului de separabilitate a mai multe categorii folosite în clasificare; coeficienții caracteristici pentru aceasta sunt calculați prin intermediul distanței medii dintre categorii ponderată cu indicatorul covarianță (*transformed divergence*). Cu cât acest parametru are valoare mai mare, cu atât putem conta pe o clasificare mai precisă. Prin intermediul acestei metode se pot alege acele clase care asigură semnificație statistică pentru diferențele dintre semnăturile spectrale suprafețelor de la sol.

Clasificarea preliminară a zonelor selectate pentru măsurarea răspunsului spectral reprezintă o metodă de tastare preliminară a preciziei de determinare tocmai pe zonele în care au fost definite clasele respective. Practic, se realizează clasificarea respectivă și se aplică un test de conformitate a clasificării cu datele de teren disponibile. Un lucru important care trebuie avut în vedere este nereprezentativitatea testului respectiv pentru precizia de clasificare a întregii imagini; precizia de clasificare nu poate fi determinată pe zone care au fost folosite tocmai pentru determinarea parametrilor de lucru în clasificarea propriu zisă – acest test trebuie să ia în considerație zone care nu au fost analizate anterior și să le compare cu valori reale.

Clasificarea preliminară reprezentativă este o funcție prezentă în anumite programe de fotointerpretare și reprezintă o clasificare preliminară a *întregii imagini* printr-o metodă cu timp relativ scurt de lucru, clasificare ce oferă o imagine asupra preciziei de clasificare determinată la modul general. Imaginea oferită este colorată în aceleași nuanțe corespunzătoare imaginii inițiale.

Clasificarea scenei reprezentative poate fi folosită pentru determinarea preliminară a preciziei prin aplicarea clasificării pe o zonă test, considerată reprezentativă pentru toată imaginea. Imaginea clasificată se compară cu imaginea inițială și cu datele de teren în scopul unei analize interactive a preciziei.

Stadiul de clasificare propriu-zisă a imaginilor se bazează pe modelele matematice ale recunoașterii spectrale a formelor. Baza acestor modele se referă la încadrarea în clase a pixelilor în funcție de localizarea acestora în spațiul multidimensional determinat de valorile pixelilor în fiecare bandă față de diagramele de variație pentru fiecare clasă, determinate în procesul de determinare a semnăturilor spectrale.

Variația locală a valorii pixelului face ca încadrarea în clase a unui anumit pixel să fie dificilă în situația în care nu a fost surprinsă în intervalul de variație a semnăturii spectrale a clasei respective. Există mai multe metode de încadrare care pot fi folosite în aceste cazuri,

câteva dintre ele fiind detaliate mai jos. Problema principală a acestei metode este faptul că nu se ia în considerație variabilitatea semnăturii în cadrul clasei; un pixel situat în cadrul unei clase cu variabilitate mare are șansa să fie mai apropiat de centrul unei clase aflate în proximitate, dar cu variabilitate mai mică și să fie încadrat în aceasta cu toate că se înscrie în intervalul de variație respectiv.

Clasificarea paralelipipedică (paralelipiped classifier) presupune folosirea intervalului maxim de variație a valorii pixelului rectangulară a acestor paralelipede. Pentru îmbunătățire se pot folosi metode de clasificare paralelipipedică în trepte, care să separe clasele corelate spectral prin urmărirea conturului zonei de variație a valorii pixelului în funcție de variațiile locale.

Clasificarea bazată pe probabilitatea maximă de apartenență Gauss (Gaussian maximum likelihood classifier) analizează concomitent și varianța și covarianța răspunsului spectral al suprafețelor caracteristice claselor. Se pleacă de la ideea că variația răspunsului spectral din cadrul unei clase se supune legii distribuției normale (Gauss) și, în funcție de parametrii acestei distribuții, se poate calcula densitatea de probabilitate ca un pixel să aparțină unei clase sau alteia (fig. 12). Această probabilitate este calculată pentru fiecare pixel în parte și dă în final o încadrare mai precisă a pixelilor în clase; cu toate acestea, apar zone cu „echitabilitate de probabilitate”, în baza cărora se pot clasifica pixelii prin încadrarea în contur, precizia fiind afectată doar dacă există suprapuneri de aceeași valoare a densității de probabilitate. Metodele avansate de recunoaștere spectrală a formelor se bazează pe **rețele neuronale artificiale** și pe modele de recunoaștere folosind **scheme de decizie**.

3. Planuri și hărți

Planurile și hărțile sunt reprezentări grafice, proiectate în plan orizontal, a unor suprafețe de teren.

Harta este reprezentarea convențională, la scară mică, a unei suprafețe mari de teren (suprafață pentru care efectul curburii Pământului nu poate fi neglijat).

Planul este imaginea micșorată și asemenea a proiecției orizontale a suprafeței topografice care, prin detaliile conținute, permite cunoașterea cât mai exactă a planimetriei și reliefului terenului. Datorită suprafeței reduse de teren reprezentată nu se ia în calcul efectul curburii Pământului, planul având o scară riguros egală pe tot cuprinsul său. Detaliile din plan sunt trecute atât prin conturul lor real din teren (atunci când dimensiunile o permit), cât și prin semne convenționale.

Scara numerică reprezintă raportul constant dintre o distanță din plan (d) sau hartă și distanța corespondentă din teren (D).

Clasificarea reprezentărilor cartografice ale terenului

În funcție de scară, reprezentările terenului se împart în:

- Hărți geografice, cu $N > 200000$, cu diverse valori efective ale scării
- Hărți topografice, cu N cuprins între 50000 și 200000 (scări efective – 1:50000, 1:100000, 1:200000)
- Planuri topografice, cu N 2500-25000 (1:2500, 1:5000, 1:10000, 1:20000, 1:25000)
- Planuri de situație, cu $N < 2500$

Scara grafică este reprezentarea grafică a scării numerice și permite obținerea directă, fără calcule, a distanțelor reale funcție de corespondentele din plan (fig. 13). Scara grafică are avantajul că poate fi mărită sau micșorată odată cu harta propriu-zisă (în special în cazul hărților în format electronic).

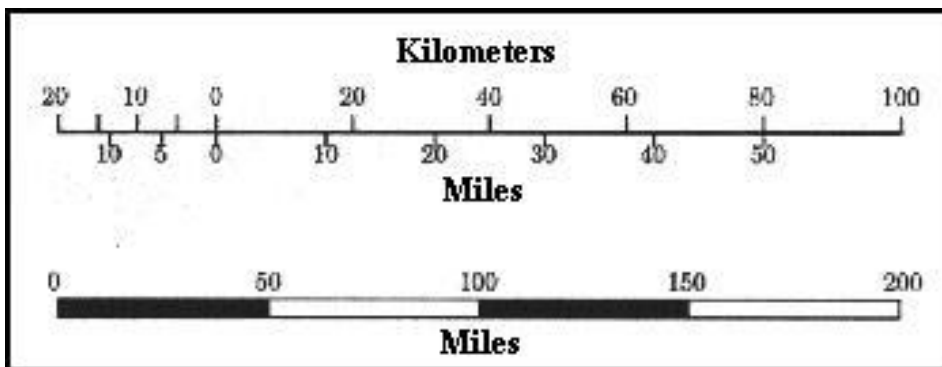


Fig. 13. Exemplu de scară grafică

3.1. Descifrarea hărții. Semne convenționale

Prin descifrarea hărții se înțelege reconstituirea imaginii terenului, ținând cont de coduri specifice, denumite *semne convenționale*. Semnele convenționale sunt desene schematici, simple, care au rolul de a sugera imaginea detaliilor din teren sub raport calitativ (tipul detaliului) și/sau cantitativ (mărimea detaliului, forma, poziția relativă față de alte detalii).

După tipul lor, semnele convenționale pot fi semne convenționale de planimetrie și de altimetrie. După detaliile reprezentate, semnele convenționale de planimetrie pot fi:

- de scară, care arată tipul detaliului, localizarea, dar nu și dimensiunea lui reală,
- de contur – arată limita unui anumit detaliu întins în plan
- explicative – sunt înscriseri care însoțesc cu date suplimentare semnele anterioare

Semnele convenționale sunt unice și se găsesc, pentru diferite domenii și diferite scări de reprezentare, în atlase de semne convenționale (<http://earth.unibuc.ro/download/atlas-semne-conventionale>). Dimensiunea semnelor convenționale trebuie să fie corelată cu scara hărții finale rezultate, astfel încât semnele să fie suficient de mari pentru a fi identificate dar,

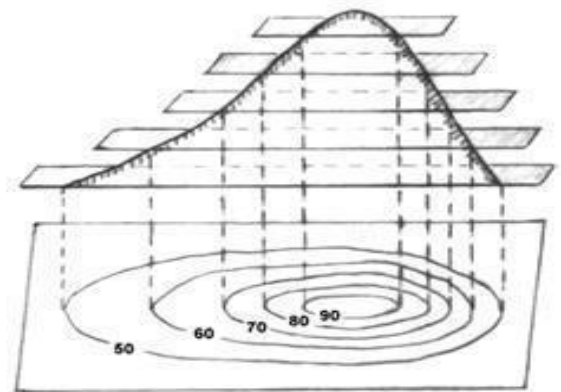
în același timp, să nu încarce excesiv spațiul hărții. Descifrarea semnelor convenționale trebuie prezentată în legenda atașată hărții sau planului.

Semnele convenționale de altimetrie

Semnele convenționale de altimetrie sunt cel mai des reprezentate de *curbele de nivel*, utilizându-se însă și *hașuri*, *nuanțe de culoare* diferite pentru simbolizarea reliefului.

Curba de nivel reprezintă locul geometric al punctelor cu aceeași cotă (altitudine). Forma și poziția lor în plan reprezintă proiecția în plan orizontal a intersecției suprafeței terenului cu o familie de plane orizontale echidistante, situate la valori rotunde ale cotei. Distanța dintre aceste curbe de nivel se numește echidistanță și se alege în funcție de relieful din zonă (la câmpie se folosesc valori mici ale echidistanței, iar la munte valori mari) și de scara reprezentării (la scări mari se folosesc echidistanțe mici și invers).

Fig. 14. Formarea curbelor de nivel



În funcție de valorile cotei și ale echidistanței, există mai multe tipuri de curbe de nivel:

- Curbe de nivel normale, trasate la valori curente ale echidistanței (linie continuă subțire)
- Curbe de nivel principale, la valori rotunde ale cotei (linie continuă mijlocie)
- Curbe de nivel ajutătoare, trasate la jumătatea echidistanței, acolo unde curbele normale sunt prea rare (linie subțire întreruptă)

Pentru a nu încărca planurile sau hărțile, curbele de nivel se trasează cu o culoare specială, numită sepia (brun-roșcat). Pentru înțelegerea ușoară a reliefului, se trasează liniuțe scurte, numite bergstrijh-uri care indică direcția de coborâre a terenului.

Surse de date vectoriale

Poziționări GPS

Sistemul de Poziționare Globală (GPS) face parte din cadrul mai larg al Sistemului Global de Navigație prin Satelit (GNSS), care folosește tehnica de poziționare a obiectelor statice sau în mișcare, în orice moment, oriunde s-ar găsi pe suprafața Pământului, în apă sau în aer. El furnizează utilizatorilor informații actuale în timp real, ca soluții precise pentru navigarea în siguranță.

Un sistem global de poziționare GPS (Global Positioning System) este un subset al sistemului global de navigație prin sateliți, utilizat doar pentru a furniza informațiile necesare

determinării poziției unor puncte pe suprafața terestră. În cadrul sistemelor informaționale geografice, tehnologia GIS ocupă un rol important în obținerea de date vitale, într-un timp cât mi scurt (uneori în timp real), despre procese și fenomene importante, date care necesită un minim de prelucrare înainte de a fi integrate în hărți interactive în curs de întocmire. Tehnologia GPS are avantajul, de asemenea, de a permite efectuarea determinărilor indiferent de starea vremii sau de momentul din zi în care se face determinarea, cu o precizie care poate fi adaptată cerințelor și obiectivelor proiectului GIS ce urmează a fi realizat. De altfel, în clasificarea receptoarelor GPS a fost introdusă așa-numita clasă de precizie GIS, care grupează acele receptoare considerate eficiente pentru colectarea datelor pentru cele mai frecvente proiecte GIS, în general cu o precizie de aproximativ 0,5 m.

Ca sisteme de tip GNSS în lucrările geotopografice din Europa și implicit de la noi, se folosesc următoarele tehnologii de poziționare globală:

- NAVSTAR-GPS (NAVigation System with Timing And Ranging – Global Positioning System respective Sistem de navigație pentru urmărire și distribuție – sistem de poziționare globală), dezvoltat în SUA și cunoscut mai ales ca GPS, funcțional pentru folosința civilă parțial din 1992 și complet din 1995;
- GLONASS (GLObal NAVigation Satellite System) ca sistem global satelitar de navigație), realizat de Federația Rusă, operațional din 1986;
- GALILEO EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service) ca încercare europeană, a cărei implementare va fi probabil desăvârșită în 2010, sistemul fiind prevăzut a fi interoperabil cu primele două.

Sistemele de poziționare sunt independente și au în structura lor aceleași părți componente. Ele se pot folosi însă și combinat, apelând la receptori specializați, capabili să urmărească atât sateliții GPS, cât și GLONASS, realizând astfel un spor pentru precizia determinărilor.

Un sistem de poziționare globală, oricare ar fi el, este constituit din **trei segmente**, fiecare cu funcții bine precizate (fig. 15). Întreg ansamblul lucrează în mod coordonat, dispunând de legături unidirecționale sau bilaterale cu posibilități de control și de aplicare, la nevoie, a unor corecții.

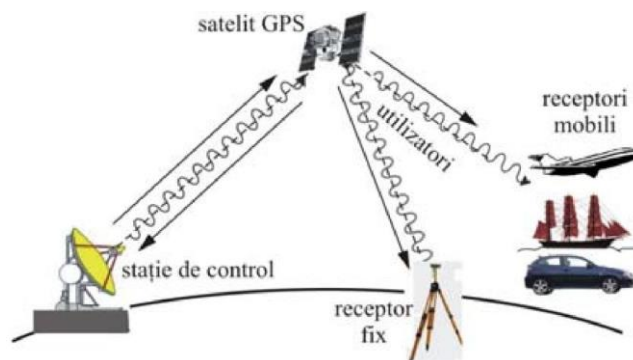


Fig. 15. Schema unui sistem de poziționare globală

a. Segmentul spațial.

Componența segmentului cuprinde o constelație care avea inițial 24 sateliți dispuși câte 4 în 6 plane orbitale, înclinate cu 55° față de planul ecuatorial, care sunt plasați pe orbită la o înălțime de 20.350km, cu o perioadă de revoluție de aproape 12 ore. Generațiile de sateliți au evoluat, astfel că sateliții Block I din prima generație, cu durată de viață de 7,5 ani, nu se mai regăsesc în prezent printre cei activi aflați pe orbită. Generațiile următoare sunt din ce în ce mai performante sub aspectul duratei medii de viață, a semnalelor emise, a sursei de energie ș.a. (fig. 16). Cei cinci sateliți în plus față de cei 24 inițiali, intercalați între planele orbitale, sporesc precizia de poziționare și constituie o rezervă pentru buna funcționare în cazul unor defecțiuni.

Funcția principală a sateliților este de a genera și emite în permanentă semnale pe două frecvențe diferite care, recepționate la sol, să permită determinarea distanțelor necesare poziționării punctelor. În acest scop sunt dotați cu câte patru ceasuri oscilatoare, două cu Rubidiu și două cu Cesium (cu precizia de 10-15 sec/zi), microprocesor, emițător, antene pentru comunicare între sateliți și cu stațiile de la sol.

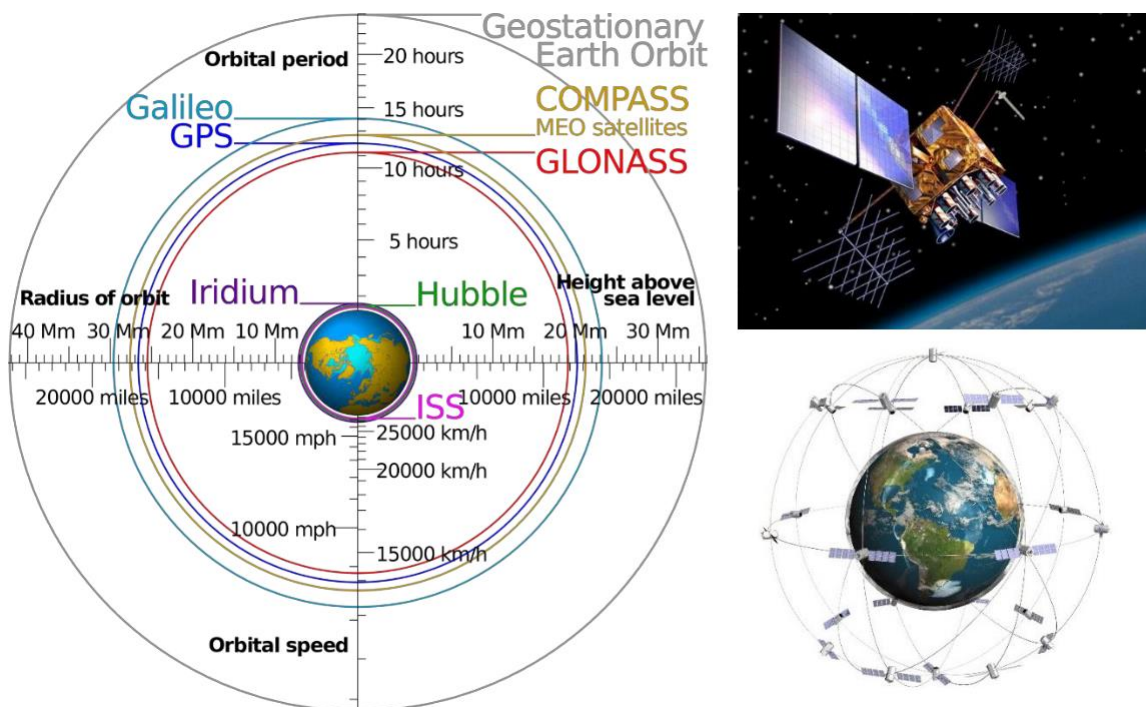


Fig. 16. Segmentul spațial al GPS: orbita sateliților GPS; imaginea unui satelit; planuri orbitale utilizate

b. Segmentul de control

Cele cinci stații la sol, componente ale segmentului, se diferențiază după misiunile fiecăreia (fig. 17):

- stația de control principală (Master Control Station), din Colorado Springs SUA, adună datele

de la stațiile monitoare, calculează predicțiile orbitelor în sistemul geocentric internațional și retransmite sateliților mesaje de navigație, - stații monitoare (Monitor Station) în număr de patru, recepționează semnalele sateliților vizibili și fac o primă procesare a datelor pe care le transmit apoi spre stația principală

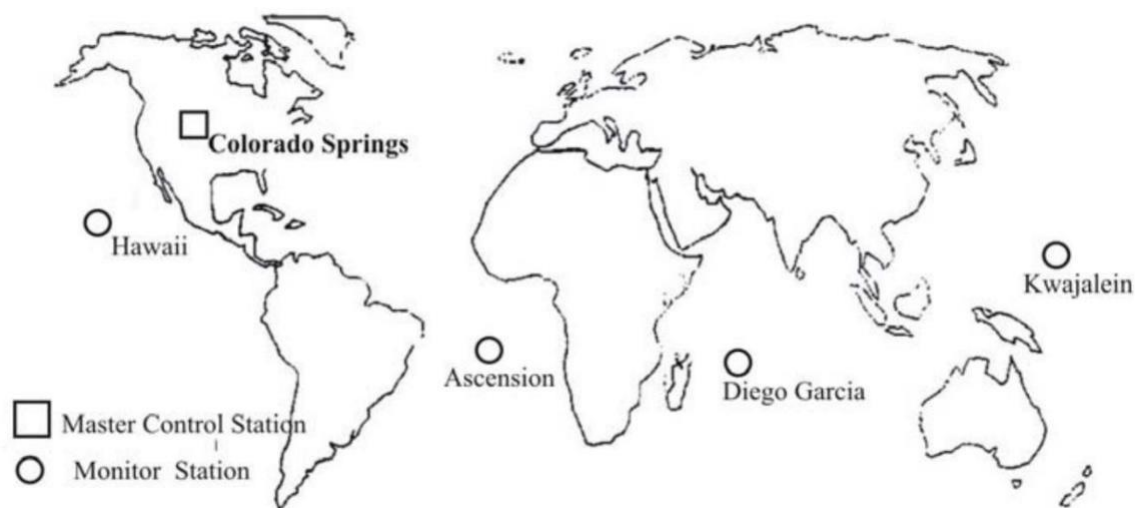


Fig. 18. Componentele segmentului de control

Atribuțiile principale ale acestor stații vizează reglarea poziției orbitelor la un moment dat, conform efemeridelor, implementarea tehnicilor de protecție A/S, supravegherea frecvenței ceasurilor proprii, transferul mesajelor de navigație spre sateliți, inclusiv de corecție a traiectoriei. Aceste operații de re poziționare și resincronizare se efectuează la fiecare trecere respectiv la 12 ore; se are în vedere că uneori sateliții sunt blocați pentru activități de mentenanță.

c. Segmentul utilizator

Receptorul GPS reprezintă principala componentă a acestui segment, cu care operatorul vine în contact direct. Acesta are rolul de a capta semnalele cu informații transmise de sateliți și de a le prelucra, furnizând în final date privitoare la viteza de deplasare a undelor, distanța parcursă și chiar poziția spațială dată într-un sistem geocentric internațional de referință. În acest scop, receptoarele GPS generează același tip de semnal cu acela emis de satelit, respectiv pe una sau pe două lungimi de undă, inclusiv codurile amintite C/A și P. Aici se încearcă corelarea celor două semnale – recepționat de la satelit și generat de receptor – determinându-se codurile și decalajul de timp dintre ele, ca observații de cod, inclusiv mesaje de navigație, după demodulare obținându-se diferența de fază dintre semnale respectiv observații de fază.

În structura unui receptor GPS utilizat în lucrările geotopografice sunt incluse, în principiu, următoarele componente:

- antena A, ce recepționează semnalele de la sateliți, le filtrează și le transmite la un preamplificator și apoi la unitatea de înaltă frecvență RF, unde are loc identificarea lor;
- microprocesorul MPU cuplat la antenă, de unde primește semnalele și codurile canalelor, controlează modul de operare, decodează și procesează datele pentru a calcula poziția, viteza, timpul etc; convertorul analog – digital, care preia frecvența intermediară FI obținută din unitatea RF și o separă în canale;
- sursa de energie (bateria), care alimentează întregul sistem al receptorului, caracterizată de o anumită durată de funcționare.

4. Principiul poziționării GPS

Un sistem global de poziționare permite determinarea poziției unui punct de pe suprafața terestră în funcție de înregistrările și măsurătorile asupra semnalelor recepționate simultan de la un grup de sateliți, în funcție de care se obțin distanțele de la aceștia la antena receptoare. Coordonatele spațiale x, y, z ale punctului staționat rezultă printr-o retrointersecție liniară spațială având la bază distanțele deduse și coordonatele sateliților în momentul emisiei, date de efemeride, într-un sistem geocentric internațional, spre exemplu WGS 84. Teoretic, poziționarea se sprijină pe un raționament simplu (fig. 19):

- folosind o singură distanță punctul nou se poate găsi oriunde pe o sferă în jurul satelitului;
- datele de la doi sateliți vor genera două sfere care se intersectează după un cerc pe care se situează receptorul;
- cu trei distanțe de la tot atâția sateliți vor rezulta două puncte posibile rezultate din intersecția unui cerc cu o sferă;
- o măsurătoare suplimentară și implicit distanța de la al patrulea satelit, permite calculatorului să elimine poziția ridicolă (în afara suprafeței terestre) și să o stabilească pe cea corectă. Necesitatea celui de al patrulea satelit este justificată și pentru a permite poziționarea unui punct în sistem GPS, ce se reduce la rezolvarea unui sistem de patru ecuații cu patru necunoscute (x, y, z, t). Practic, întrucât ceasul receptorului nu este perfect sincronizat cu cele ale sateliților, se obțin de fapt niște pseudodistanțe în loc de cele adevărate, funcție de eroarea de timp Δt . Deși microprocesorul receptorului poate ajusta aceste distanțe rămân alte surse de erori, motiv pentru care vor rezulta mai multe puncte de intersecție. Procesorul receptorului, cuplat cu antena, furnizează în câteva secunde, printr-un

calculul statistic, poziția medie, ora în timp universal precum și viteza de propagare a semnalului.

Poziționarea absolută sau naturală se bazează pe măsurarea fazei codurilor și pseudodistanțe ajustate uneori de microprocesorul receptorului, fără ambiguități și permite o rezolvare rapidă, independentă a problemei, folosind un singur receptor, aflat în repaos sau în mișcare cu o viteză de până la 400m/s (1440km/h). Asemenea determinări sunt folosite doar ca soluție de navigație pentru localizarea unor obiecte fixe sau vehicule în mișcare, dotate cu receptoare, cu o incertitudine de ordinul metrilor. În lucrările geodezice sau topografice acest mod de determinare are doar utilizare informativă, în special în cazul receptoarelor de mână (handheld), folosite la căutarea unor puncte vechi.

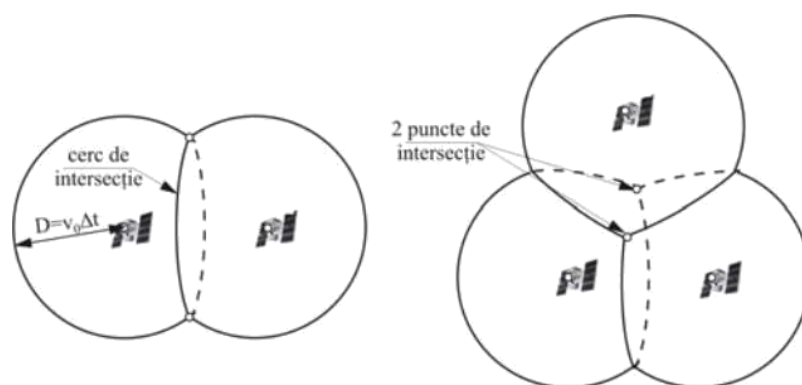


Fig. 19. Poziționarea în sistem GPS prin intersecție spațială

4.1. Modul relativ sau diferențial

Pentru lucrările geodezice, o precizie satisfăcătoare, de ordinul centimetrilor sau chiar milimetrilor, se obține prin poziționare diferențială, bazată pe principiul dublei diferențe, ce presupune utilizarea a două receptoare, unul instalat într-un punct cunoscut, iar altul în punctul nou. După înregistrarea simultană a semnalelor de la aceiași doi sateliți, prin post-procesarea datelor rezultă diferențele de distanță ($D_1 - D_2$) și ($D_3 - D_4$) prin compararea semnalului de la primul receptor cu cel de la al doilea. În acest mod se pot rezolva, fără echivoc, ambiguitățile și se elimină cea mai mare parte a erorilor cunoscute ce influențează poziționarea (de ceas, influența ionosferei ș.a.). Rezultatul primar al determinărilor diferențiale este vectorul bază, definit de cele două puncte staționate, ale cărui componente Δx , Δy , Δz se stabilesc în funcție de diferențele de distanțe amintite. Coordonatele finale ale punctului B se obțin din cele cunoscute ale stației A și relativele vectorului de bază, motiv pentru care poziționarea este numită și relativă. Condițiile de respectat în acest mod de poziționare nu vizează vizibilitatea între capetele vectorului de bază și nici lungimea lui, ci

posibilitatea recepționării semnalelor de la aceiași patru sateliți într-un interval de 1-60 minute, funcție de tipul receptoarelor, condițiile iono-troposferice și configurația sateliților. Receptoarele noi au nevoie de timp scurt, de ordinul minutelor sau 1 – 2 zeci de minute.

Suportul poziționării relative îl constituie determinarea exactă a timpului necesar parcurgerii distanței satelit – receptor prin măsurători de fază asupra undelor purtătoare ale informației. Pentru siguranță, se apelează la modul de lucru cu triplă diferență prin înregistrări cu cele două receptoare asupra celor doi sateliți în reprize diferite, ceea ce conduce la eliminarea sigură a ambiguităților respectiv la detectarea eventualelor scăpări în determinarea numărului de perioade întregi.

În concluzie cele două concepte de bază privind modul de poziționare absolută și relativă trebuie privite diferențiat prin prisma lucrărilor geo-topografice. Modul relativ sau diferențial se utilizează exclusiv în cadrul unor metode și procedee geo-topografice, folosite la determinarea rețelelor geodezice. Acestea se diferențiază după timpul de staționare, numărul de receptoare, lungimea vectorilor, elemente ce condiționează randamentul și precizia lucrărilor. Modul absolut de poziționare, prin posibilitățile sale reduse ca precizie, de ordinul metrilor, rămâne doar ca soluție de navigație.

Receptoarele GPS pot fi clasificate în funcție de mai multe criterii, dintre care mai importante pentru alegerea tipului de receptor potrivit obiectivelor stabilite într-un GIS sunt precizia și prețul acestora. Din punctul de vedere al preciziei, receptoarele GPS se clasifică în receptoare de precizie geodezică, în dublă frecvență sau simplă frecvență (± 1 cm), de precizie cartografică (GIS $\pm 0,1-1$ m), de precizie redusă, dedicate navigației (± 5 m) (fig. 20).

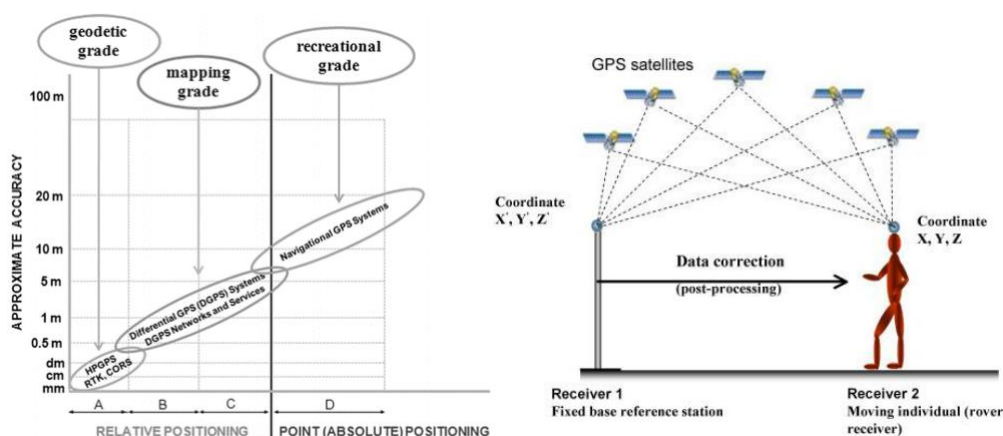


Fig. 20. Diferite clase de precizie obținute prin poziționare relativă sau absolută

Primele două categorii de receptoare GPS realizează o precizie superioară de determinare prin utilizarea modului de lucru diferențial sau relativ, cu postprocesare (prima categorie) sau cu integrarea în timp real a corecțiilor diferențiale de la stații fixe direct sau

prin transfer de date pe cartele mobile (receptoarele de clasă GIS). Receptoarele GPS care lucrează în modul absolut (stand-alone) sunt cele mai frecvente, fiind prezente în domenii de utilizare care fac parte din viața de zi cu zi: navigație auto, telefonie mobilă, aplicații de localizare auto, tablete etc.



Fig. 21. Receptoare GPS: navigație auto, dispozitive de cartare (mod absolut și diferențial), receptoare geodezice, stații de referință

Cât despre prețul receptoarelor GPS de diferite precizii, acesta este invers proporțional cu valoarea erorii maxime obținute cu aparatul respectiv. Prețul receptoarelor GPS poate varia de la câteva sute de Euro (receptoare care lucrează în modul absolut – Garmin, Magelan etc.), la câteva mii de Euro (Trimble Juno, Trimble XH, Leica Zeno, Topcon GMS etc.), respectiv câteva zeci de mii Euro pentru receptoare GPS în dublă frecvență, care pot face determinări de puncte noi care pot fi situate până la 30km de punctele cunoscute, în care se fac determinări simultane.

4.2. Principalele erori în poziționarea GPS

Determinările GPS, devenite azi curente în ridicările geotopografice, sunt afectate de numeroase erori datorită complexității sistemului și a factorilor naturali care intră în structura lui. Prezentarea cea mai comodă se face prin gruparea pe cele trei segmente a componentelor acestora și evaluarea implicit însumarea lor într-o eroare totală, ce afectează timpul necesar semnalului, cu efect asupra distanțelor satelit – receptor și implicit asupra precizia poziționării. În completarea informațiilor ce se prezintă aici se adaugă unele aspecte discutate anterior.

1. **Errorile satelitare** provin din numeroase surse, dintre care le menționăm pe cele cu efecte semnificative:

a) Efemeridele furnizează date privind orbitele și coordonatele satelitului în momentul emiterii semnalului, care sunt afectate de o eroare radială de poziție a acestuia în raport cu orbita teoretică, ceea ce poate provoca o deplasare de până la 1,5m în poziționarea punctului. Influența efemeridelor se va reduce prin intensificarea studiilor asupra poziției sateliților, estimându-se că vor fi puse la dispoziție valori cu precizie de un decimetru.

b) Ceasul atomic prezintă unele deviații aleatoare, care provoacă erori de valori mici ($\pm 5-10m$), ce pot fi eliminate prin urmărirea simultană a aceleiași constelații, de minim patru sateliți, cu cel puțin două receptoare.

2. Erorile de semnal se referă la diverse fenomene fizice care au efect asupra propagării lui la trecerea prin diferite straturi între satelit și receptor:

a) Întârzierea în ionosferă, strat cuprins între altitudinea de 40-50km și 1.000km deasupra scoarței terestre, datorită ionizării moleculelor de gaz din această zonă, cu efect asupra scăderii vitezei semnalului. Efectul asupra distanțelor, de până la $\pm 20-50m$, se reduce dacă se folosesc receptoare care lucrează pe ambele frecvențe sau dacă se fac observații pe timp de noapte, când activitatea ionosferică este scăzută.

b) Refracția în troposferă, ca segment de bază al atmosferei, extins până la 50 km deasupra scoarței, se datorează dispersiei semnalului provocată de vaporii de apă. Eroarea crește cu umiditatea, presiunea și temperatura, pe măsură ce traseul semnalului se îndepărtează de verticala locului, și scade cu altitudinea locului. Pentru micșorarea efectului refracției trebuie ignorați sateliții cu înălțimi mai mici de 150 sau folosite softuri care includ modele ce țin cont de temperatură, presiune și umiditate. Pe ansamblu, erorile datorate refracției în troposferă au valori în intervalul $\pm 2-10m$.

c) Reflexia multiplă a semnalului provocată de întâlnirea unor suprafețe netede (clădiri, pereți stâncoși, lacuri de apă) în preajma receptorului. Efectul, denumit și multipath (trasee multiple), este datorat interferenței semnalului primit direct de la satelit cu cel reflectat și afectează evident măsurătorile. Erorile se reduc în acest caz prin folosirea unor antene performante sau a receptorilor de generație mai nouă, ce permit recunoașterea semnalelor reflectate. Eventualele reflexii multiple pot fi puse în evidență întocmindu-se diagrama obstrucțiilor pentru punctul de stație (fig. 7.40).

3. Erorile datorate receptorilor sunt cauzate de funcționarea ceasurilor interne, de modul de folosire a antenei sau de instalarea în stație.

a) Ceasul intern al receptorilor, în cazul în care prezintă nesincronizări față de cel din sateliți, poate deveni și devine efectiv sursă importantă de erori, cu efect de

$\pm 10-100\text{m}$. Această influență dispare prin urmărirea simultană a minim doi sateliți de două receptoare, prin simpla diferență.

b) Antena poate induce erori dacă centrul fizic al ei nu coincide cu centrul electric, distanța dintre centrul geometric și centrul de fază al antenei (offset) fiind cunoscută. În plus, un conductor electric din apropierea antenei generează împreună cu ea o nouă caracteristică de recepție (antenna imaging), respectiv o eroare ce se reduce dacă toate antenele folosite sunt de același tip și dacă în timpul unei sesiuni de lucru acestea se orientează la fel, de obicei spre nord.

c) Instalarea în stație a receptorului și antenei pot induce erori datorită centrării sau măsurării înălțimii antenei, care pot deveni semnificative pentru poziționare, mai ales în cazul folosirii antenelor montate pe tije. Configurația sateliților vizibili în timpul observațiilor poate influența precizia de determinare a poziției receptorului cu o eroare ce se încadrează în limita câtorva ppm, pentru distanțe de la câțiva km până la câteva sute de km. Indicatorul ce caracterizează configurația este slăbirea preciziei respectiv DOP (Dilution Of Precision), valorile mici indicând o precizie ridicată și invers. Dispunerea geometrică a sateliților este caracterizată de GDOP (General Dilution Of Precision), ca indicator calitativ de ansamblu, definit de: - poziționare spațială, PDOP (Positional Dilution Of Precision); - poziționare în plan orizontal, HDOP (Horizontal Dilution Of Precision), adică a determinării latitudinii și longitudinii punctului; - poziționare în plan vertical, VDOP (Vertical Dilution Of Precision) - adică a determinării altitudinii punctului; □ determinarea timpului, TDOP (Time Dilution Of Precision).

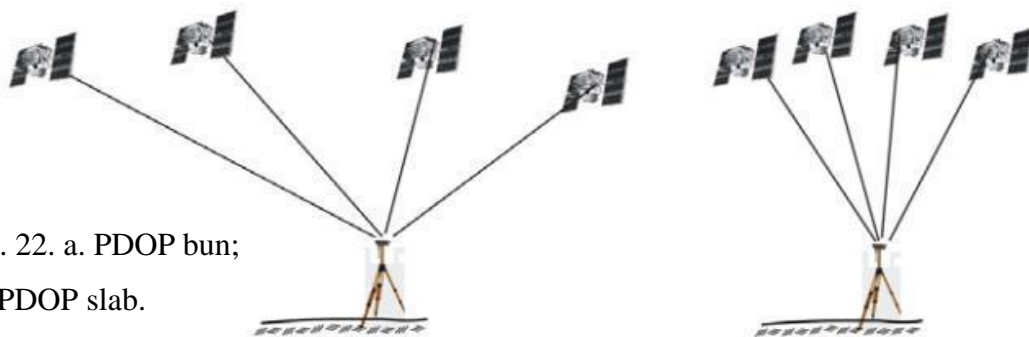


Fig. 22. a. PDOP bun;

b. PDOP slab.

Cel mai folosit indicator este **PDOP**, calculat ca o funcție inversă de volumul piramidei care are vârful în receptor și baza formată de sateliți: cu cât sunt mai mulți sateliți apropiați de orizont, PDOP este mai bun, volumul piramidei fiind mai mare (fig. 22). Garantarea unei precizii ridicate spațiale se poate realiza dacă receptoarele sunt setate cu o valoare minimă (pragul PDOP), caz în care nu se iau în considerare configurațiile situate peste o anumită limită, considerată 6 sau mai curând 4, funcție de receptor. Un prag similar se poate

introduce și pentru HDOP (valori acceptate între 5 – 8 pentru lucrări curente sau sub 4 pentru lucrări de precizie).

Surse de date vectoriale: Ridicări topografice

Ridicarea în plan: obiect, clasificări, succesiunea lucrărilor

Prin ridicare în plan se înțelege ansamblul lucrărilor de proiectare, măsurare, calcule și raportare grafică a unei porțiuni de teren. Acestea sunt deosebit de importante, întrucât constituie baza oricăror lucrări tehnice de investiții (drumuri, amenajări de torenți, construcții diverse etc).

Scopul ridicărilor îl constituie întocmirea de reprezentări ale terenului (planuri, profile) prin mijloace topografice, legate de aparatura și metodele specifice.

Clasificarea ridicărilor topografice se poate face după conținutul lor:

- ridicări planimetrice, în care se determină poziția în plan a punctelor
- ridicări altimetrice (nivelitice), care au ca scop determinarea poziției pe verticală a punctelor,
- ridicări combinate, care au ca scop determinarea completă a poziției punctelor, în plan și pe înălțime.

Orice ridicare topografică, indiferent de suprafață, scară, precizia urmărită, se execută în cadrul unei rețele de sprijin. Aceasta este alcătuită din puncte ale rețelei geodezice de stat și din puncte ale rețelei de îndesire, de ordin V. Determinarea punctelor de ordin V este de competența topografiei. La rândul ei, rețeaua de sprijin este încă prea rară pentru nevoile curente ale topografiei și ea trebuie încă îndesită în zona de lucru cu puncte ale rețelei de ridicare. Rețeaua de îndesire și cea de ridicare sunt considerate rețele topografice. Ridicarea detaliilor se face practic din punctele rețelei de ridicare, care pot fi determinate, funcție de nevoile practice, în plan (x,y), în înălțime (z) sau combinat (x,y,z). Ordinea lucrărilor descrise în figura 23 este regula generală, care se aplică în toate ridicările în plan. Prin excepție, în cazuri bine justificate (ridicări pentru realizarea unor lucrări de artă, care necesită precizii deosebite sau ridicări de importanță foarte mică, pentru care efortul legării în rețea nu se justifică) se pot executa lucrări în cadrul unei rețele locale, ale cărei puncte nu au nici o legătură cu acelea ale rețelei geodezice de stat.

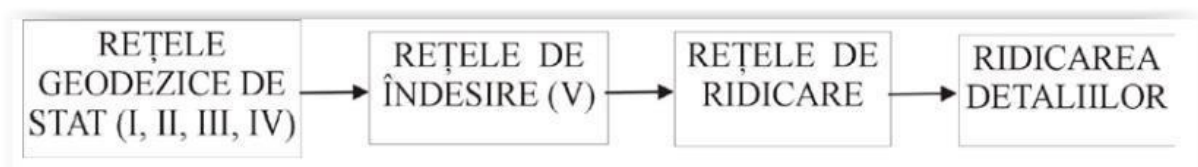


Fig. 23. Ordinea lucrărilor topografice

4.3. Principiile generale ale topografiei

După cum s-a arătat, topografia are la bază reguli (principii), care se aplică în orice situație. Principiile enumerate se vor regăsi în toate de metodele topografiei studiate mai departe. **Detaliile din teren se descompun în puncte caracteristice.** Prin puncte caracteristice se înțelege numărul minim de puncte care permit reconstituirea formei unui detaliu din teren. Detaliile pot să fie naturale (râuri, lacuri, păduri) sau artificiale (drumuri, canale, construcții). În funcție de modul de determinare pot fi de planimetrie (definesc forma și mărimea unui detaliu, poziția în plan față de alte detalii din jur) sau de altimetrie (dau poziția în înălțime a punctelor).

Punctele caracteristice ale detaliilor de planimetrie se aleg la schimbarea direcției în plan a conturului. Pentru contururile poligonale lucrul este simplu, întrucât schimbarea direcției este bruscă și sesizabilă (figura 24). Pentru detaliile cu un contur sinuos oarecare (limita unui trup de pădure), operatorul alege el însuși punctele caracteristice astfel încât, în funcție de scara de raportare, să se poată reconstitui cât mai fidel forma detaliului respectiv. Se face observația că, prin descompunerea în puncte caracteristice, limitele detaliilor de formă oarecare se liniarizează, descompunându-se în linii frânte.

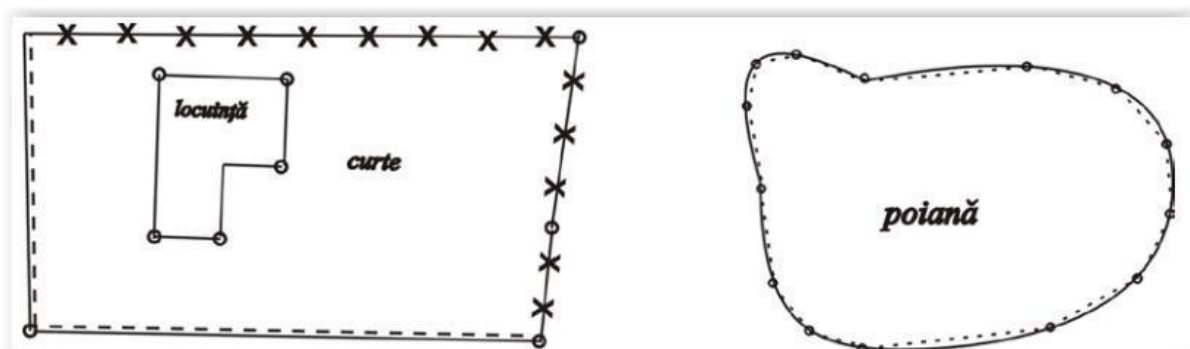


Fig. 24. Descompunerea detaliilor în puncte caracteristice

Pentru redarea reliefului terenului și stabilirea poziției în înălțime a punctelor, se aleg puncte caracteristice la schimbarea pantei terenului (figura 24). Numărul de puncte depinde atât de scara de reprezentare, cât și de accidentarea terenului; scopul este de a putea reconstitui relieful terenului. Dacă schimbarea de pantă este insesizabilă, atunci se pot considera puncte la distanțe egale, funcție de scara reprezentării.

Punctele de detaliu se proiectează prin perpendicularare în planul de proiecție. Corolar cu acest principiu, rezultă două observații importante: - toate distanțele din teren sunt regăsite în reprezentarea grafică reduse la orizont - toate suprafețe din teren se vor considera

de asemenea reduse în planul orizontal, suprafața pe care se contează fiind numită, după caz, suprafață productivă (sp) sau bază de construcție (sb).

Ridicările în plan se execută în cadrul unei rețele de sprijin, determinată pe baza rețelei geodezice de stat Rețeaua poate fi de nivelment sau de triangulație, după caz. În caz de nevoie, dacă punctele existente sunt considerate ar fi prea rare pentru nevoile curente, rețelele se pot îndesi prin metode topografice adecvate până la atingerea unei densități corespunzătoare. Numai în condiții speciale se admit lucrări bazate pe rețele independente de rețeaua geodezică de stat.

Ridicarea în plan se execută din aproape în aproape. Aceasta înseamnă că, practic, se pornește cu măsurătorile de la puncte cunoscute spre cele noi. Un punct odată staționat (dacă din el s-au executat măsurători) este considerat punct vechi (cunoscut), servind în continuare la determinarea altor puncte noi. Rezultă deci că, întotdeauna în teren se începe prin staționarea în puncte vechi și vizarea spre alte puncte vechi (vize de referință) și apoi se duc vize spre punctele noi (vize de determinare).

Punctele din rețeaua de sprijin și de ridicare se marchează și se semnalizează în conformitate cu reglementările legale. Există reglementări care stabilesc cum se marchează în teren un punct cu coordonate cunoscute (pentru a-l putea păstra și folosi ulterior determinării lui) și cum se semnalizează acesta (pentru a-l putea face vizibil de la distanță). Marcarea și semnalizarea se face în funcție de importanța punctului, după cum se va arăta mai jos.

Ridicările în plan se execută într-o ordine bine stabilită. Această ordine se referă la: proiectarea lucrărilor (operatorul se documentează asupra caracterului lucrării, a rețelei geodezice în zonă, alege metoda și instrumentele adecvate obținerii preciziei cerute etc), măsurători în teren, calcule, raportarea (desenarea) punctelor, controlul și recepția produsului grafic care rezultă în final.

Alegerea soluției. Principiul referitor la alegerea soluției pentru ridicarea în plan spune că operațiunile se fac astfel ca rezultatul (măsurători, piese desenate) să fie adecvat preciziei cerute, dotării cu aparatură topografică. Alegerea punctelor din rețeaua de îndesire sau din rețeaua de ridicare este proprie fiecărui operator și-l caracterizează din punctul de vedere al cunoașterii metodelor topografice. Cu toate acestea, produsul final (plan de situație, profil) trebuie să fie același, de aici rezultând și caracterul de unicitate al reprezentării.

Rezultatul ridicărilor în plan cu instrumente moderne, care înregistrează măsurătorile elementele geometrice măsurate în teren și permit prelucrarea electronică a datelor și realizarea unor planuri topografice **direct în format vectorial**, cu referințe spațiale absolute

atașate, cu o precizie centimetrică sau decimetrică, planuri care pot fi **integrate în forma respectivă** în Sisteme Informaționale Geografice.

5. Metode de interpolare folosite în GIS

Interpolarea este procedura de estimare a unei valori într-o locație fără măsurători, folosind valorile măsurate în punctele vecine. Implică găsirea unei funcții $f(x, y)$ ce reprezintă întreaga suprafață a valorilor z asociate cu puncte (x, y) dispuse neregulat. Această funcție face o predicție a valorilor z pentru alte poziții dispuse regulat. [Nițu C., 2005].

Interpolarea poate fi:

- Exactă (când modelul obținut păstrează valorile datelor inițiale);
- Aproximativă (când valorile datelor inițiale sunt alterate);
- Locală (sunt luate în considerare doar valorile din punctele vecine);
- Globală (sunt luate în considerare toate punctele cu valori cunoscute).

Cu alte cuvinte interpolarea constă în prezicerea valorilor celulelor unui fișier raster pe baza unui număr limitat de măsurători punctuale [ESRI].

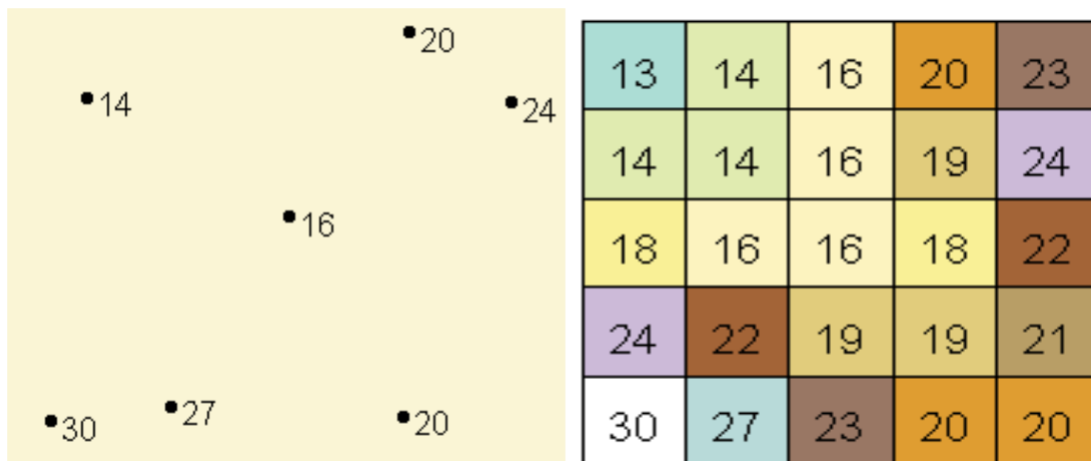


Fig. 25. Raster obținut pe baza interpolării unor valori cunoscute

a. Metode de interpolare

Triangulația

Metodă dezvoltată de Peucker și colaboratorii (1978), ce folosește triangulația Delaunay.

Rezultatul constă într-o rețea de triunghiuri (structură de tip TIN) perfect circumscrie unor cercuri, lucru ce face ca distanța dintre punctele care formează vârfurile triunghiului să fie întotdeauna minimă .

Pentru fiecare triunghi se memorează coordonatele și atributele celor trei vârfuri, topologia precum și panta și direcția de înclinare a suprafeței triunghiului.

- Triangulația funcționează cel mai bine când datele sunt distribuite uniform pe suprafața ce urmează a fi interpolată.
- Metodă exactă ce folosește interpolarea polinomială lineară sau cubică.
- Este indicat a se utiliza pentru seturi mari de date, fiind și destul de rapidă.
- TIN sau Triangulated Irregular Network stochează datele GIS pentru reprezentarea 3D a modelului suprafeței. Unitatea de bază este triunghiul, care este constituit din trei linii care conectează trei noduri, din această cauză fiecare triunghi va avea trei vecini cu excepția triunghiurilor marginale (Teknomo, Kardi). TIN-ul constă în fapt într-o reprezentare vectorială a reliefului, realizată prin asocierea de linii și puncte, care formează o rețea de triunghiuri bine structurată, prin existența unei relații de vecinătate sau Topologie între membrii rețelei. În acest fel punctele capătă valoare de vertexi, prin înglobarea de valori altimetrice, iar laturile triunghiurilor devine muchii. Triunghiurile cu dimensiuni variabile redau neregularitățile scoarței terestre, “în acelaș mod în care sunt redade suprafele cristalelor care descriu minelare. Fiecare mineral are o serie de fețe plane conectate prin puncte și linii care arată schimbările majore în structură ” (Demers, 2009).

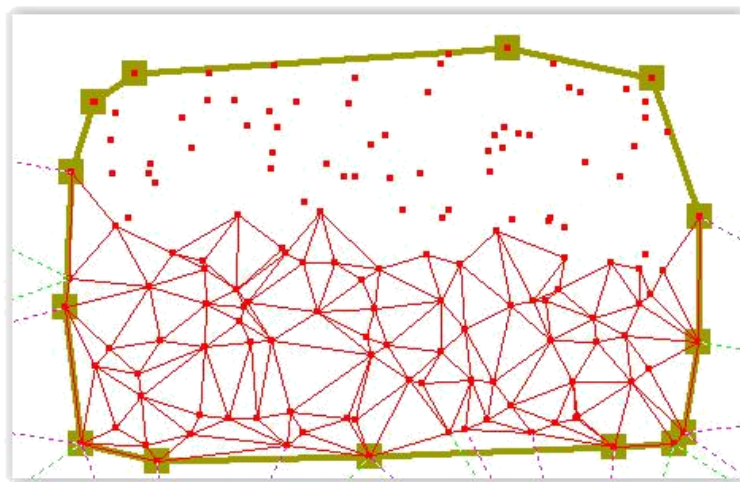


Fig. 25. Construirea rețelei de triunghiuri neregulate

Modelul TIN a fost descoperit la începutul anilor 70, ca o cale simlă de construire a suprafeței dintr-un set neregulat de puncte spațiale. Sistemul comercial a fost lansat pe piață doar în anii “80. Punctele simple și dispuse neregulat sunt interconectate prin linii și formează o rețea de triunghiuri. Suprafața triunghiurilor este de regulă plană. Folosind triunghiurile putem fi siguri că piesele mozaicului reprezentat de triunghiuri se potrivesc cu cele din vecinătate, iar suprafața va fi continuă. Orientarea suprafeței fiecărui triunghi este definită de altitudinea celor trei puncte din colțuri” Suprafața triunghiurilor poate fi folosită și pentru reprezentarea pantei. Modelul TIN este folosit datorită simplității și economicității sale. Dezavantajul constă în faptul că nu toate tipurile de relief pot fi reprezentate prin triunghiuri,

în special la scări mari; de exemplu relieful glaciatic. Realizarea TIN-ului se face prin mai multe modalități de interpolare a datelor, în funcție de natura acestora, morfologia suprafeței ce va fi reprezentată, destinația modelului: Distance ordering, delaunay triangulation, (breaklines și TIN-ul din curbe de nivel, ca metode alternative) Realizarea TIN-ului își găsește aplicabilitate pentru o mare varietate de date: Puncte, curbe de nivel. Pentru aceasta programul va extrage mai întâi punctele care reprezintă vertexii din care sunt construite curbele de nivel și care stau la baza realizării triunghiurilor.

5.1. DISTANȚA INVERSĂ LA PUTERE

Pătratul distanței inverse, este o metodă de interpolare, unde în timpul interpolării influența unui punct asupra altuia este înlocuită cu distanța dintre nodurile gridului. Esența algoritmului constă în folosirea unei funcții de putere care controlează ponderea factorului de scădere odată cu mărirea distanței față de nod. La valoarea cea mai mare a puterii funcției efectul asupra punctelor situate departe de nodurile gridului este cel mai mic. Pentru valoarea cea mai mică a puterii, efectul este mult mai uniform distribuit printre punctele din vecinătate.

Pătratul distanței inverse se comportă ca un interpolator exact. Atunci când calculează un nod al gridului, valoarea desemnată pentru datele punct este o fracție, iar suma tuturor valorilor este egală cu unu. Când o observație particulară coincide cu un nod al gridului, distanța dintre această observație (punct), și nodul gridului este egală cu zero.

Astfel nodul gridului, va avea o valoare care coincide cu cea a observației. Pentru amortizarea acestui neajuns se folosește un mecanism de diminuare a acestei comportări care constă în “netezirea” valorilor. Pentru aceasta se folosește o valoare a “coeficientului de netezire” mai mare decât zero. Una dintre caracteristicile algoritmului pătratul distanței inverse, este generarea efectului “ochilor de taur” în jurul pozițiilor de observație dintr-o arie a gridului. Coeficientul de netezire poate fi controlat în timpul interpolării pentru reducerea efectului “ochi de taur”, prin mărirea valorii sale.

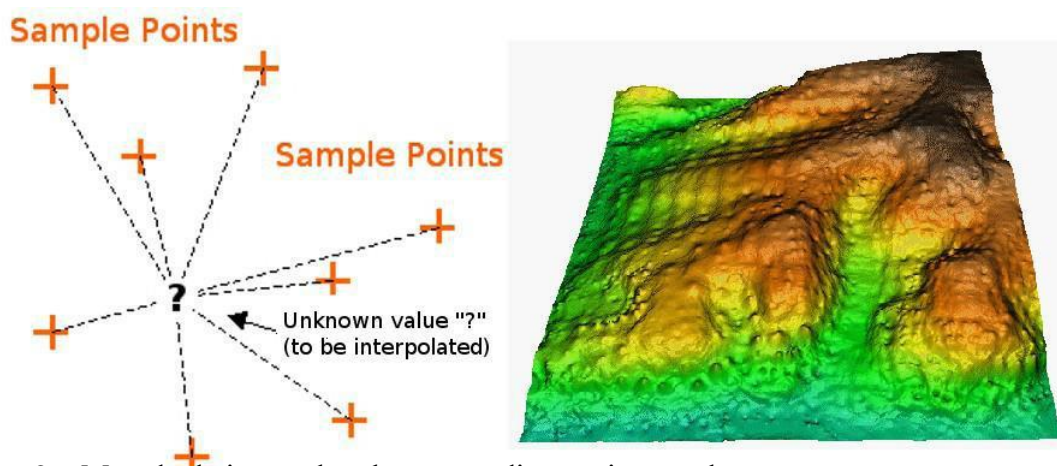


Fig. 26. Metoda de interpolare bazată pe distanța inversă la putere

Metoda „vecinului natural” (natural neighbour)

Introdusă de Sibson (1981), se bazează pe o rețea de poligoane Thiessen (dualul unei triangulații Delaunay). Combină caracteristicile optime ale metodelor Nearest Neighbor și TIN (Webster și Oliver, 2001). Algoritmul interpolării Natural Neighbor folosește o medie a valorilor observațiilor învecinate, unde valorile sunt proporționale cu „suprafața împrumutată”. Zona asociată cu poligonul Thiessen obținută dintr-un poligon existent este denumită „zonă de împrumut”. Este o metodă rapidă și exactă, care nu extrapolează valoarea Z.

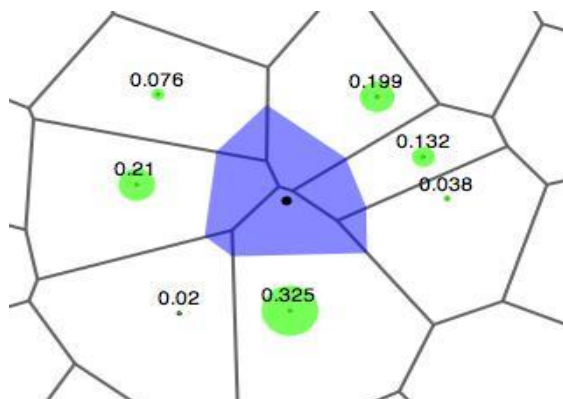


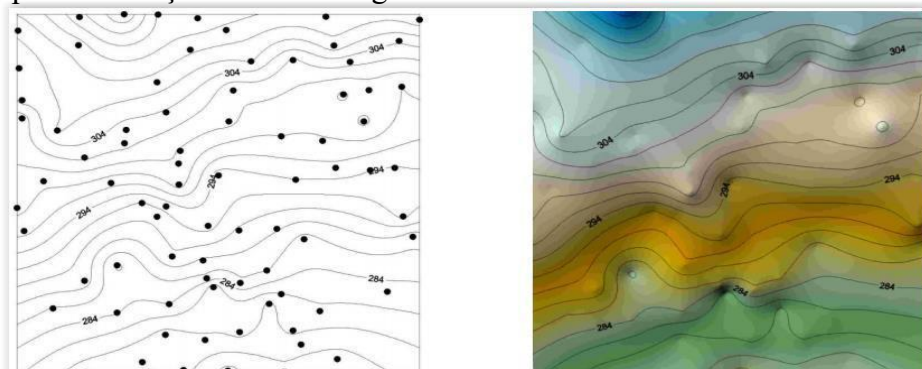
Fig. 27. Interpolare Natural Neighbor

METODA KRIGING

Reprezintă o **metodă geostatistică** de interpolare, utilă și populară în numeroase domenii. Această metodă produce hărți cu un efect vizual atrăgător plecând de la date spațiale neregulate.

Metoda încearcă să scoată în evidență tendința sugerată de către date. Reprezintă o metodă foarte flexibilă, care poate fi folosită implicit sau personalizată să se potrivească datelor prin specificarea celui mai apropiat **model de variogramă**. Ea poate fi folosită ca un interpolator exact sau de uniformizare a valorilor în funcție de parametri specificați. Există două tipuri mai importante de kriging: Kriging-ul punct și Kriging-ul block; ambele generează un grid interpolat. Kriging-ul punct estimează valoarea punctelor din nodurile gridului, în timp ce Kriging-ul bloc estimează valoarea acoperirii blocului rectangular centrat pe nodurile gridului. Blocurile reprezintă în fapt mărimea și forma celulei gridului

Fig. 28. Interpolare geostatistică Kriging



ÎNTREBĂRI ȘI RĂSPUNSURI

1. Expuneti definițiile de sistem, de informație, sistemul informatic/informațional și caacteristicile principale ale lui.

SISTEMUL – un ansamblu de cel puțin două elemente care acționează în vederea realizării unui anumit scop/obiectiv. Elementele interconectate.

Informația- ceva ce se comunica de la .. la (something to be communicated from the sender to the receiver)

- mesaj recepționat și înțeles,
- Cheia de achiziționare a cunoștințelor

Informația – Putere

Sistemul **INFORMATIC/INFORMAȚIONAL** reprezintă un ansamblu tehnic și organizatoric de persoane, echipamente, norme, metode, având ca scop culegerea, validarea, stocarea, analiza, prelucrarea și vizualizarea datelor și informațiilor.

Sistemele **INFORMAȚIONALE** sunt alcătuite din sisteme de calcul împreună cu programele, metodele, normele și personalul specializat.

infor – sugerează informația, **matica** - sugerează prelucrarea automată a acesteia cu ajutorul calculatorului.

2. Cum se definește datele, baza de date și ce operații se execută asupra lor?

Data – un semn, un număr, un șir de caractere stocată pe un suport în vederea regăsirii. Corespunde unei valori efective, poate fi întâmplătoare pentru un obiect sau o entitate.

Orice sistem informațional include o bază de date - o colecție de date referitoare la un anumit subiect, cu o anumită organizare, în vederea obținerii operative de informații despre subiectul respectiv.

O bază de date poate fi definită și ca:

- "un sistem integrat coerent și partajat pe fișiere",
- "un ansamblu de date manipulat de mai mulți utilizatori în viziuni diferite asupra datelor, independent de aplicații",
- "un ansamblu de date organizate/sistematizate în vederea utilizării lor prin programe corespunzătoare unor aplicații distincte astfel încât să se asigure evoluția independentă a datelor și a programelor

O bază de date simplă este organizată sub forma unui tabel, în care coloanele poartă denumirea de câmpuri, liniile se numesc înregistrări, capul de tabel, în ansamblu, fiind echivalentul structurii bazei de date.

O bază de date suportă operații de:

- creare,
- ștergere,
- modificare,
- adăugire,
- indexare,
- relaționare

3. Cum caracterizați termenul și semnificația GIS/SIG-ului ?

GIS este acronimul denumirii în limba engleză a Sistemelor Informatice Geografice:

- Geografic Information Systems (SUA),
- Geographical Informational Systems, (Marea Britanie, Australia, Canada),
- Geografic Information Science – termen academic;
- SIG – Sisteme Informaționale Geografice;
- SG – Sisteme Geoinformaționale.
- **GIS** – un marriage între știința de calculatoare și geografie (geodezie, topografie, geoinformatică)
-

4. Dați câteva date istorice din evoluția tehnologiilor GIS.

Anii 60 sec 20, etapa pionerat (modelul MIMO, 1964 Howard Fisher....)

Anii 70, etapa dominată de dezvoltările în cadrul laboratorului Harvard...

Anii 80 dezvoltare instrumentelor GIS (ArcInfo, vector GIS....)

Anii 90 dezvoltarea sistemelor GIS (diverse nivele de rețele),

Anii 2000, dezvoltări BD, Arhivări de date, ArcGIS – 2004), tehnologii GIS etc.

5. Care sunt principiile de organizare, funcțiile și componentele unui SIG ?

Principiile de organizare a SIG:

de ansamblu (sistem) - sig cum se poate deriva din definiție, este un complex de programe (software), de aparatură (hardware), de informații și date, administrat și gestionat de personal specializat.

de spațiu (spațial/geografic) – sig este un instrument, ce funcționează cu orice tip de date, din spațiul obiect poziționate într-un sistem de coordonate (de la colonii de microorganisme, la pământ integral, până la sistemul solar).

de conexiune (interconexiune) – se exprimă prin faptul, ca elementele componente (cel puțin două) să poată conlucra, e necesar să fie legate între ele. Legăturile dintre ele sunt **conexiuni**, care au scop de a transmite/recepționa date/informații, rezultate.

În cadrul sig pentru prima dată au fost unite datele geografice și atributele, fapt, ce a determinat sig ca un segment aparte în tehnologiile informaționale.

funcțiile sig:

de intrare/ieșire (input/output) – orice sistem are o **intrare prin care primește** semnale și o **ieșire prin care transmite** semnale mediului.

În sig datele se convertesc în format convenabil.

datele pot fi obținute de la furnizori de date și pot fi încărcate direct în sistem.

de manipulare (prelucrare) – de transformare a datelor în formate compatibile pentru diverse operații și de transformare a sistemului din instrument de lucru cu date primare/finite, în instrument/operator de formare a datelor/informației noi.

De vizualizare (afișare) – SIG reprezintă un instrument puternic de prezentare a datelor/informației. Cu ajutorul SIG se produc imagini – hărți grafice, animații și alte produse cartografice. Funcția dată permite vizualizarea subiectelor interesate de utilizator. La zi, această funcție se dezvoltă oferind posibilități de simulare și predicție a multiplelor fenomene.

De Organizare și gestiune – este una din funcțiile de bază ale SIG.

SIG reprezintă un instrument real de ajutor în **organizarea, gestiunea și luarea de decizii**, având la bază principiul analizei spațiale (interogare și analiză).

SIG pune la dispoziție atât posibilități simple de tipul „point-and-query”, cât și instrumente sofisticate de analiză, care să furnizeze informații oportune deopotrivă managerilor și

analizilor.

Principala problema – realizarea automata a analizelor geografice.

Componentele unui SIG:

Un sistem informatic geografic este alcătuit în principal din cinci componente

1. Hardware
2. Software
3. Date
4. Personal
5. Metode sau proceduri

Componenta date. Datele reprezintă cea mai importantă componentă a GIS . Datele geografice și datele tabelare asociate pot proveni din sursele interne ale unei organizații sau pot fi procurate de la un distribuitor specializat. Un GIS poate integra datele spațiale cu alte surse de date pe care le organizează și gestionează cu un SGBD.

Componenta personal. Personal GIS cuprinde atât specialiștii care proiectează și mențin sistemul, cât și pe cei care îl utilizează ca instrument pentru rezolvarea problemelor din domeniul lor de activitate.

Componente Hardware. Astăzi pachetele de programe GIS rulează pe o gamă largă de mașini, de la servere centrale, la stații de lucru individuale sau aflate în cadrul unor configurații de rețele.

Comportamente Software. Soft special proiectat pentru dezvoltarea GIS(cum ar fi ARC/INFO).

- Soft pentru proiectare asistată de calculator(CAD) sau cartografiere asistată de calculator(Computer Aided Mapping-CAM).

- Soft cu scop general, cum ar fi Sistemele de Gestiune a Bazelor de Date(SGBD).

- Decizia alegerii pachetelor de programe ce vor fi utilizate nu este de loc o sarcină ușoară.Un sistem modern, interactiv, presupune utilizarea unor programe ale căror componente să satisfacă următoarele stații.

- Introducerea, editarea, verificarea și validarea datelor

- Gestiunea bazelor de date:-Analiza și transformarea datelor-afișarea și redarea datelor

Componenta metode, proceduri. Un SIG trebuie să opereze conform unui plan clar și a unui regulament bine conceput. Stabilirea de modele și practici de operare unice.

6. Care sunt etapele de implementare, utilizarea și cum lucrează un GIS ?

Etapele de implementare:

În principiu, implementarea și exploatarea unui GIS se desfășoară în cadrul

următoarelor etape principale:

1. Definirea cerințelor.
2. Stabilirea funcțiilor sistemului.
3. Proiectarea bazei de date.
4. Alegerea și procurarea echipamentelor și programelor.
5. Personalizarea programelor la cerințele concrete ale aplicației
6. Încărcarea bazei de date
7. Exploatarea GIS
8. Actualizarea,
9. Analiza

Utilizarea GIS:

Anii 80, numărul utilizatorilor GIS era de ordinul sutelor. Astăzi numărul lor se apreciază în zeci de milioane.

Două explicații:

- **Costurile** implicate în dezvoltarea componentelor hardware ale calculatorului scad (accesibile), fiind însoțite în același timp de o dezvoltare continuă și constantă a performanțelor hardware și software;
- **Datele geografice** sunt parte constituantă a lumii reale;
- SIG - mijloc de a integra informațiile în scopul de a formula și a înțelege multiple probleme ale zilelor noastre.
- Influența în creștere a TI, BD devin tot mai masive și mai valoroase;
- Creșterea dinamică a parametrilor de putere a calculatorului ne permite a stăpâni această conversie; GIS/SIG furnizează (oferă) instrumentul (unealta) de procesare a datelor spațiale.

7. Ce semnifică ESRI și la ce software se referă ?

ESRI - Environmental Science Research Institute – companie înființată în anul 1969 de către soții Jack și Laura Dangermond, inițial cu calitatea de grup de consultanță privat.

ESRI se referă la software ArcGis. **Pachetul ArcGIS are la bază trei programe (componente) principale**

ArcMap – manipularea cu date, crearea, redactarea și vizualizarea. Se lucrează cu machetul hărții;

ArcCatalog – gestiunea cu datele, metadate;

ArcToolbox – reprezintă ansamblu de instrumente pentru îndeplinirea multiplelor probleme de ansamblu și particulare, operații spațiale și alte operații cu datele.

8. Care sunt tipurile de modele ale realității ?

Reprezentarea LUMII REALE (the real world)

În lumea reală, obiectele geografice au o largă varietate de forme.

În GIS, obiectele geografice se prezintă prin PRIMITIVELE punct, linie și poligon (point, line, and polygon), caz modelului VECTOR.

9. Dati definitia rezolutiei si tipurile specifice ale ei.

Rezoluția- reprezintă o măsură a clarității sau a gradului de detaliere a unei imagini digitale (numerice). Imaginile digitale sunt forma de memorare și prelucrare a imaginilor obișnuite într-un calculator; ele pot fi ce-i drept afișate sau tipărite, dar, spre deosebire de imaginile reale, **nu** se pot vedea ca atare, direct. De aceea, spre deosebire de rezoluția obișnuită, cea digitală se exprimă numai în pixeli, fără raportare la vreo lungime. De ex. o imagine de 800 x 600 pixeli

10. Ce este analiza spatiala si semnifica interogarea in sistemele geoinformationale?

Analiza spatiala se referă la un set de operații de consultare și de agregare a datelor în vederea satisfacerii unei cereri informaționale sau unui obiectiv informativ.

Analiza spațială este văzută ca un set de tehnici proiectate pentru a reda o perspectivă spațială a datelor și al căror rezultat este dependent de localizarea obiectelor și fenomenelor care sunt analizate, și care necesită accesul atât la poziționarea, cât și la atributele acestora

IMPORTANT: Calitatea deciziilor depinde direct de calitatea datelor angrenate în analiză și de coerența mijloacelor/metodelor de analiză!

BIBLIOGRAFIE

1. Wikipedia- <https://ro.wikipedia.org/wiki/GIS>
2. Scribd - <https://ru.scribd.com/doc/282156083/SISTEME-GEOINFORMATIONALE>
3. <https://ust.md/subdiviziuni-universitare/facultati/geografie/laboratorul-sisteme-informationale-geografice-sig/> ;
4. <https://carturesti.ro/carte/sisteme-geoinformatic-geis-pentru-electroenergetica-89793> ;
5. https://www.oocities.org/mirceabadut/gis_ee.htm ;
6. <https://upwikiro.top/wiki/Geoinformatics> ;
7. <https://documente.net/document/sisteme-geoinformatic-suport-de-curs.html?page=1> ;
8. <https://www.uti.eu.com/wp-content/uploads/2018/03/UTI-Solutii-de-geoinformatica.pdf> ;
9. <https://venikdaily.ru/ro/mts/geoinformacionnye-tehnologii-osnovnye-harakteristiki/> ;