

# SISTEMUL DE INFORMARE GEOGRAFICĂ - INSTRUMENT DE MANAGEMENT

mat. Angela Ioniță,  
ing. Ștefan Elian,  
ing. Marius Nițu,

Institutul de Cercetări în Informatică

**Rezumat:** Sistemele de Informare Geografică (SIG) (Geographical Information System (GIS)) au devenit instrumentul esențial pentru planificarea și managementul resurselor naturale, sistemelor spațiului amenajat. Aceasta presupune: colectarea datelor și proceduri de intrare, memorarea unei baze de date voluminoase, analiza și modelarea datelor și posibilități de vizualizare. SIG(GIS)-urile sînt disponibile, atît pentru microcalculatoare, cît și pentru microcalculatoare și mainframe.

**Cuvinte cheie:** Sistem de Informare Geografică (SIG) (Geographical Information System (GIS)), analiza datelor, modelare, proces "remote sensing", prelucrare imagine, baze de date geografice, entități geografice, entități grafice, entități nongrafice, raster, vector.

## 1. Introducere

Cererea de memorare, analiza și afișarea datelor complexe a condus, în ultimii ani, la folosirea calculatoarelor pentru manipularea datelor și crearea de sisteme de informare sofisticate [1]. Utilizarea efectivă a volumelor de date spațiale este dependentă de existența sistemelor eficiente, care pot să transforme aceste date în informații utile [2].

Sistemul de Informare Geografică (SIG) (Geographical Information System (GIS)) este noua tehnologie care a devenit un instrument esențial pentru analiza și transformarea cunoștințelor grafice despre univers. SIG a fost definit ca "o mulțime puternică de instrumente pentru colectarea, memorarea, regăsirea, transformarea și afișarea datelor spațiale din lumea reală conform unui scop particular" [3]. SIG-urile au schimbat procedurile de colectare a datelor spațiale și proceselor analitice. Acestea sînt folosite pentru a ajuta factorul de decizie uman prin indicarea diverselor alternative în planurile de dezvoltare și conservare și modelarea rezultatelor unor serii de scenarii. Cunoștințele fundamentale despre localizarea, cantitatea și disponibilitatea resurselor naturale sînt esențiale pentru o planificare cît mai rațională.

SIG-urile au devenit rapid instrumente standard pentru managementul resurselor și în prezent, este dificil să fie gîndită o planificare a resurselor sau o cartografiere care să nu aibă SIG sau care să nu se fi gîndit la implementarea unuia.

Aplicațiile tipice de SIG pot fi grupate în următoarele categorii:

- cartografie automată;

- hărți cadastrale;
- hărți de autostrăzi;
- facilități de cartografie și management;
- hărți de evenimente (accidente, crime, incendii etc.);
- managementul teritorial;
- studii de impact asupra mediului;
- marketing;
- trasee rutiere și planificări;
- planificare urbană și rurală;
- selectarea de rute și trasee de drumuri și autostrăzi;
- ș.a.

În prezent este disponibil software de foarte bună calitate pentru analizarea informației geografice. De asemenea, este disponibil hardware de mare putere și viteză. Tehnologia de vizualizare a permis obținerea de rezoluție înaltă, posibilități de afișare în culori, editare și un spectru larg de alte facilități.

Există sisteme software extrem de flexibile. Aceste sisteme lucrează rapid cu reprezentări raster, punct, linie și poligon și pot să interconvertească toate aceste tipuri de date. Unele dintre aceste sisteme moderne software sînt adevărate "toolbox"-uri pentru analiză și manipularea informației geografice: ele conțin o gamă întreagă de rutine care prelucrează foarte eficient funcții discrete. Aceste instrumente pot fi folosite în diverse combinații pentru a satisface orice "cerință" particulară. Astfel, în această etapă sînt dorite sisteme software care permit utilizatorilor să creeze module (instrumente) care pot fi combinate, pentru satisfacerea cerințelor. Aceste sisteme oferă flexibilitate maximă în satisfacerea unui spectru larg de cerințe ale utilizatorilor și prin adăugarea de noi instrumente, pot să se adapteze din mers la un domeniu dinamic.

Tipurile curente de SIG pot fi grupate în:

- sisteme de ingineria hărților (CAD/CAM) pentru folosirea în fotogrametrie, hărți topografice de bază, ș.a.;
- sisteme generalizate de hărți tematice și statistice pentru managementul resurselor naturale, patrimoniu forestier, vegetație, geologie, soluri etc.;
- sisteme bibliografice conținînd documente geografice;
- sisteme de fișiere geografice asociate cu rețele de străzi, rețele electrice, rețele rutiere, hărți cadastrale etc.;
- sisteme de prelucrare de imagini.

Cerințele hardware pentru SIG, includ o unitate centrală de prelucrare, periferice de introducere date începînd de la digitizoare semiautomate, unități de bandă, camere video, scannere sofisticate, numeroase tipuri de unități video color, de rezoluție înaltă, pînă la dispozitive de ieșire ca: imprimante de diverse tipuri, plottere, pentru date raster și alte echipamente pentru

obținerea de rezultate de foarte bună calitate.

SIG este construit în jurul a patru elemente de bază sau funcțiuni:

- captarea și introducerea datelor;
- baze de date geografice;
- analiza și modelarea datelor;
- prezentarea datelor (vizualizarea și afișarea hărților).

Figura 1 ilustrează schematic diversele componente/funcții ale unui SIG operațional.

## 2. Funcțiunile SIG

### 2.1. Captarea și introducerea datelor

Există metode pentru captarea eficientă a datelor care au beneficiat și beneficiază în continuare de îmbunătățiri pentru utilizare în contextul SIG, îmbunătățiri care vizează corectitudinea și fiabilitatea, consistentă cu nivelul aplicației (figura 2. a)-e)). De obicei, procesul implică interpretarea imaginilor aerospațiale, timp de observare bine schițat și suport pentru toate sursele de date existente. Produsele "remote sensing" constituie o sursă importantă de date și, prin urmare, sunt folosite pentru procedurile de monitorizare și actualizare. Tehnicile de prelucrare de imagine furnizează instrumente de transformare eficientă a datelor "remote sensing" în informație utilizabilă.

Validitatea și corectitudinea datelor încorporate în sistem sunt asigurate de proceduri eficiente, simple, de manipulare, analiză și modelare.

O entitate geografică este definită de două tipuri de date: date grafice și date nongrafice. Datele grafice vizează localizarea geografică a entității. Datele nongrafice vizează informația înregistrată (de obicei descriptivă) în entitatea geografică. Transpunerea datelor grafice într-un format inteligibil pentru calculator cere folosirea unei proceduri de digitizare.

Capturarea datelor sau digitizarea este o secvență de taskuri care codifică poziția identificatorilor datelor spațial orientate. În sens restrâns, pentru aceste date, digitizarea poate fi văzută precum și modul în care acestea sunt descrise în una sau mai multe hărți. În sens larg, digitizarea este acțiunea prin care se creează un fișier de date adaptabil dintr-o diversitate de surse.

Transformarea datelor de pe hartă (forma analogică) într-o formă inteligibilă pentru calculator (forma digitală) este consumatoare de timp și costisitoare în contextul creării unui SIG. Introducerea datelor cere operații de editare pentru a verifica datele digitale legate de harta originală și subsecvențe de corecție de erori, induse de factorul uman (analistul), dar și de hardware și software.

### 2.2. Baze de date geografice

O bază de date spațială descrie o colecție de entități, unele dintre ele având o localizare permanentă în spațiul

local și global. Evident, există un amestec între tipurile de entități grafice (spațiale) și nongrafice (aspațiale) care se pot schimba în timp. Tipurile de entități grafice au proprietăți topografice de localizare, dimensionare și formare (modelare). Entitățile nongrafice nu sunt recunoscute ca având localizare permanentă în conformitate cu celelalte entități. Datele spațiale descriu localizarea și topologia punctelor, liniilor, poligoanelor și suprafețelor, în timp ce datele aspațiale descriu caracteristicile lor.

#### 2.2.a. Baze de date grafice

Informația spațială include atribute, localizare spațială, extensie sau configurare. Atributele geometrice pot fi metrice sau topometrice. Cele metrice includ poziția, forma și dimensiunea care se pot exprima prin coordonate spațiale. Atributele topologice sunt cele care descriu caracteristici ca de exemplu: conectivitate și adiacență care sunt invariante la distorsiuni și schimbări de scală.

Entitățile grafice sunt împărțite în mod convențional în puncte, linii, poligoane și suprafețe. Poligoanele sunt cele mai frecvent codificate în SIG. În esență, reprezentarea în calculator a punctului, liniei, poligonului și suprafeței țin cont de una din cele două forme: grilă (celulară, raster) sau vector [5].

O structură de date raster constă dintr-o matrice de celule de dimensiune uniformă, fiecare fiind referită de un index pozițional unic (număr de linie și de coloană). Această structură conține un număr sau cod reprezentând tipul valorii atributelor, care poate să fie ordinal (scalar sau vector) sau nominal. Un dezavantaj major al organizării celulare este folosirea unei cantități mari de memorie calculator pentru date spațiale în ciuda faptului că se aplică tehnici de compactare de date.

Structura de date vector reprezintă entități punct prin coordonatele lor, entități linie printr-un șir de coordonate spațiale uniforme sau neuniforme, iar entitatea zonă sau poligon, prin marginile lor.

Integrarea tehnicilor de prelucrare a imaginii cu procedurile convenționale de manipulare de date dă posibilitatea de optimizare a transformării datelor în informație și sporește calitatea datelor pentru modelare sau operații pe bază de reguli.

#### 2.2.b. Baze de date nongrafice

Nu insistăm asupra conceptelor de bază de date și Sistem de Gestiune de Baze de Date (SGBD), ele beneficiind de numeroase prezentări în literatura de specialitate (de exemplu: [6]). Facem doar aprecierea că posibilitatea manipulării unui volum mare de date eterogene, în mod eficient, este dată de utilizarea unui SGBD performant. Produsele SIG, care beneficiază de

facilități de lucru cu un SGBD sînt preferate celor care lucrează cu fișiere ASCII. Avantajele în utilizare au numeroase puncte de pomire:

1. de regulă, informația nongrafică are o viață lungă (apreciată la 20 de ani) și provine din medii diferite;
2. o structurare eficientă a datelor conduce la obținerea de performanțe în modul de lucru al întregului sistem: timp bun de acces, accesare uniformă a datelor, asigurarea securității și integrității datelor prin mecanismele furnizate de SGBD.

### 2.3. Analiza și modelarea datelor

Una dintre cele mai importante caracteristici ale SIG este posibilitatea de analiză a datelor și modelare spațială (figura 3 a)-d)).

Analiza convențională a SIG și posibilitățile de manipulare includ suprapunerea și înlănțuirea de hărți, proceduri de clasificare, analiza de proximitate și alte tehnici de modelare cartografică. Reclasificarea categoriilor de hărți implică operații care reasignează valori tematice la categoriile unei hărți existente ca o funcție de valoarea inițială, poziția, dimensiunea sau forma configurației spațiale, asociată cu fiecare categorie. Suprapunerea de hărți conduce la crearea unei noi hărți în care valorile asociate fiecărei locații de pe această hartă se calculează ca o funcție de valori independente, asociate cu această locație pe una sau mai multe hărți. Determinarea distanței și conductivitatea includ operații de măsurare a distanțelor euclidiene sau ca o funcție de bariere relative și/sau absolute. Aceste posibilități sînt folosite, fie ca atare, fie în conjuncție cu alte modele de simulare sau statistice. Acestea includ evaluări urbane, agro-ecologie, producție de cereale, hidrologie, degradare urbană, modele de eroziune, aspecte de risc și hazard și altele. Tehnicile de prelucrare a imaginii sînt un instrument important într-un astfel de sistem.

În modelarea cartografică, problema (modelul conceptual) de rezolvat este împărțită în submodele care pot fi rezolvate separat. Modelul este descompus, astfel încît soluțiile submodelului să poată fi combinate pentru a se ajunge la modelul original. Fiecare submodel se poate împărți în cît mai multe modele mai mici pentru a fi rezolvate direct [7]. Modelul de bază al analizei de decizie este de a sparge o problemă de decizie în părți componente, ceea ce permite factorului de decizie să se concentreze pe aspectele critice. Modelul relației pe baza căruia se face descompunerea este cunoscut ca model de decizie [8].

O caracteristică a modelării este folosirea atributelor în combinație cu informația grafică (harta).

O altă caracteristică importantă a modelării cartografice în SIG este o suprapunere completă în ferestre ale bazei de date. În particular, acest lucru este

foarte important cînd se lucrează cu proceduri complexe de analiză interactivă pentru că analistul are ocazia să analizeze și să evalueze rezultatul procedurii de modelare cartografică. În cazul în care este satisfăcut de rezultat, se poate proceda la analizarea întregii zone; dacă nu, variabilele sau procedurile pot fi schimbate și se reia activitatea.

### 2.4. Prezentarea datelor

Dezvoltarea rapidă a tehnologiei hardware, combinată cu facilități multimedia a permis unui spectru larg de necesități să fie satisfăcute la cote înalte de calitate: de la editarea clasicele rapoarte pînă la documente/publicații și imagini video (figura 4). Dintr-o gamă largă de posibilități, în funcție de tematică și de complexitatea ei, se poate alege tehnologia adecvată.

### 3. Criterii de clasificare a SIG-urilor disponibile

SIG-urile avute în vedere în acest articol sînt cele mai răspindite din punct de vedere comercial. Remarcăm incompletitudinea listei preluată din [15] și actualizată cu informații la nivelul anului 1992. Incompletitudinea listei se datorează, în principal, faptului că dezvoltarea rapidă a tehnologiei hardware-ului și tehnicilor "remote sensing" conduc la dezvoltarea de software pe măsură.

În analiza noastră am avut în vedere o serie de criterii de clasificare:

- după caracteristicile tehnice;
- după caracteristicile funcționale;
- după facilitățile oferite;
- după segmentul de piață acoperit (după prospecte);
- după facilitățile de comercializare (după prospecte).

În contextul caracteristicilor tehnice s-au avut în vedere următoarele:

- sistemul de calcul pe care lucrează;
- sistemul de operare sub care lucrează;
- structurile de date (vector, raster, TIN etc.);
- include pachete de digitizare;
- formate de intrare acceptate (DXF, DLG, TIGER etc.);
- SGBD intern/extern;
- suportă tableta digitizoare;
- suportă mouse;
- suportă "light pen";
- suportă "touchscreen";
- suportă "trackball";
- suportă "thumbwheel";
- ce tipuri de plottere suportă;
- ce tipuri de imprimante;

- ce tipuri de ieșire suportă: raster, vector;
- operare pe 1,2 ecrane;
- suportă X-Windows;
- display color;
- display 3D;
- suport rețea standard.

În contextul **caracteristicilor funcționale** s-au urmărit aspecte ca:

- existența unui limbaj de comandă pentru interfață utilizator;
- existența menu-urilor tip pentru interfață utilizator;
- existența unei liste de menu-uri;
- existența menu-urilor pop-up;
- posibilitatea folosirii cheilor funcționale (tastelor funcționale);
- folosirea pictogramelor;
- posibilitatea de lucru simultan cu ferestre multiple;
- suportul grafic GKS.

În contextul **facilităților oferite** s-au urmărit aspecte ca:

- interfața cu SGBD-uri;
- posibilități de:
  - măsurare directă a distanței;
  - măsurare a distanței pe curbă;
  - măsurare a distanței de proximitate;
  - măsurare suprafață;
- calcul de:
  - coordonate;
  - panta de teren;
  - "aspecte legate de compas";
  - "cut & fill";
- funcții trigonometrice, interpolări;
- conversie:
  - vector-raster;
  - raster-vector;
- operații de:
  - "point-in-polygon";
  - "line-in-polygon";
- generare de:
  - contur;
  - secțiuni de teren;
  - poligoane Thiessen;
- analiza:
  - "prin coridor";
  - de imagine RS;
  - reticulară;
  - de grilă;
- rețea de modele de trasare;
- existența unor buffere de puncte, poligoane, linii drepte, curbe, ponderare;
- operații pe hărți: căutare, adăugare/extragere, multiplicare/divizare, ștergere, suprapunere, exponențiere, combinații multiple.

În ceea ce privește următoarele două criterii:

**segmentul de piață acoperit și facilități de comercializare**, s-au avut în vedere aspectele:

- data primei instalări;
- numărul de utilizatori;
- preț;
- disponibilitate sursă;
- preț sursă;
- suportul disponibil și taxa corespunzătoare.

#### 4. Concluzii

Făcînd o analiză a produselor prezentate în capitoul precedent, o primă remarcă ar fi aceea că, în cazul în care sîntem puși în situația de a alege - situație în care sînt deja create premise favorabile utilizării de SIG/GIS, așa cum este cazul în România - atunci va trebui să ținem seama nu numai de dotarea hardware actuală. Avînd în vedere marea răspîndire a microcalculatoarelor în România și penetrarea lor aproape în toate domeniile de activitate, s-ar putea crede că alegerea trebuie făcută din produsele specifice numai microcalculatoarelor.

La o analiză mai atentă a complexității domeniului care urmează să fie abordat: ecologie, agricultura, amenajarea teritoriului, cadastru, ș.a., este foarte interesantă o soluție care să ofere posibilitatea de protejare a investiției. Pentru domeniile enumerate deja, este viabilă o soluție care să implice o rețea de calculatoare eterogene: de la PC la VAX. Pe fiecare dintre ele urmează să se lucreze în mod uniform, operațiile să fie transparente pentru utilizatori, interfețele de lucru să fie unitare, bogate în simbolistică și ușor de abordat chiar de către utilizatorii neinformaticieni, să prelucreze date raster și vector, să aibă posibilități de captare a imaginilor de înaltă rezoluție.

Singurul sistem, după părerea autorilor, care răspunde în acest moment tuturor cerințelor prezentate, este "soluția" oferită de firma INTERGRAPH [10]. Această soluție, în plus, beneficiază și de o serie de alte facilități care ușurează foarte mult activitatea de programare:

- soluție modulară de integrare;
- interfața modulară cu ORACLE, DB2, Informix, Ingres și dBase;
- respectarea standardelor de Sistem Deschis;
- gama largă de aplicabilitate (în domeniul specifice CAD/CAM/CAE, transporturi, SIG/GIS, arhitectură, rețele de drumuri: căi ferate, autostrăzi, străzi ș.a.) [11].

De ce spunem că INTERGRAPH este o "soluție" ?

În primul rînd pentru că, venind de pe piața hardware, unde ocupă unul din primele locuri, firma și-a completat o ofertă de produse software de bună calitate, care lucrează, atît pe hardware INTERGRAPH,

cît și pe alte sisteme hardware foarte răspîndite: de la PC/AT la MacIntosh, Sun și VAX.

În al doilea rînd, pentru că modul de concepție al sistemului este modular și integrat, firma oferind un nucleu de bază, la un preț rezonabil, la care, în conformitate cu specificul domeniului abordat, se pot adăuga instrumente hardware și software care țin cont de complexitatea problemei și de posibilitățile de dotare ulterioară, în vederea rafinării prelucrărilor, fără a afecta investiția inițială [12].

În al treilea rînd, pentru că, dată fiind modularitatea software-ului oferit, se pot face extrem de ușor adaptări sau personalizări ad-hoc.

Avînd în vedere că în România, în numeroase domenii ca administrație publică, agricultura, urbanism, ecologie, s-a constatat un real interes al beneficiarilor pentru astfel de instrumente, am prezentat una din soluții și motivele pentru care poate fi recomandată în contextul actual din România, pentru a evita "gîturile" în diversele domenii. Aceste manifestări apar, pe de o parte, din proiectarea unor soluții pe termen scurt, cu instrumente care se dovedesc ulterior a avea mari probleme în funcționare, datorită complexității prelucrărilor, volumului mare de date care depășește capacitatea de memorare și, nu în ultimul rînd, timpul de răspuns, care în unele domenii este extrem de critic (de exemplu transporturi, rețele electrice, rețele de asigurare cu apă a orașelor etc.). Pe de altă parte ele apar și datorită faptului că o soluție adoptată deja, în momentul în care se descoperă că nu face față la un anumit grad de complexitate și nu are posibilitatea de a păstra munca investită, volumul mare de date stocat și prelucrat, cere reluarea tuturor activităților specifice lucrului cu astfel de sisteme ceea ce implică investirea unei alte sume de bani în hardware, software și personal, care se reflectă în consum mare de timp și bani, cu consecințe extrem de serioase [12], [13], [14].

Soluția propusă poate să răspundă, atît cerințelor, cît și dificultăților, asigurînd adaptarea facilă la condițiile tehnice actuale și mai ales la perspectiva dezvoltării acestora.

## Bibliografie

1. **TOMLINSON, R.F.:** Computer handling of geographical data, UNESCO, Paris, France, 1976.
2. **MARBLE, D.F. PEUQUET, D.J.:** GIS and remote sensing, chap.22, vol. 1.
3. **BURROUGH, P.A.:** Principles of GIS for LAND Ressources Assessment, Clarendon Press, Oxford, UK, 1986.
4. **MEIJERNIK, A.M.J.:** ILWIS. The integrated land and watershed management information system, ITC Publications.
5. **NAGY, G. WAGLE, S.G.:** Geographic data processing, Computing Surveys, vol. 11, no.2, 1978.
6. **DATE, C.J.:** An introduction to data base systems, 1986.
7. **NOU, D.S.:** Expert computer systems, vol. 16.
8. **BUNN, D.W.:** Applied decision analysis, McGrawHill, NY, USA, 1984.
9. **WISCHMEIR, W.H., SMITH, D.D.:** Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation and planning, USDA Agri. Handbook, 1978
10. **IONIȚĂ, A., NIȚU, M., ILIE, R.:** Modular GIS Environment-MGE Soluția INTERGRAPH pentru sisteme de informare geografică (GIS), RRIA, 1993.
11. **IONIȚĂ, A., NIȚU, M.:** Soluția INTERGRAPH-MICROSTATION, Raport tehnic, lab. 2.24-GeMaSOFT-ICI, 1992.
12. **IONIȚĂ, A.:** Managementul sistemelor spațiului amenajat, RRIA, 1993.
13. **IONIȚĂ, A., NIȚU, M., ILIE, R.:** O posibilă abordare a utilizării sistemelor suport de decizie de marketing bazate pe Geographical Information System (GIS)", RRIA 1993.
14. **PAGE, B.:** Environmental Protection as a allenge to Applied Informatics A Workshop Introduction in IFIP Transactions: Educations and Society Information Processing 1992, vol.II, pp.595-604.
15. **\*\*\*:** GIS TECHNOLOGY '89 Results of the 1989 GIS WORLD Geographic Information Systems Survey, pub. by: GIS WORLD, Inc., Colorado, USA, July 1, 1989.

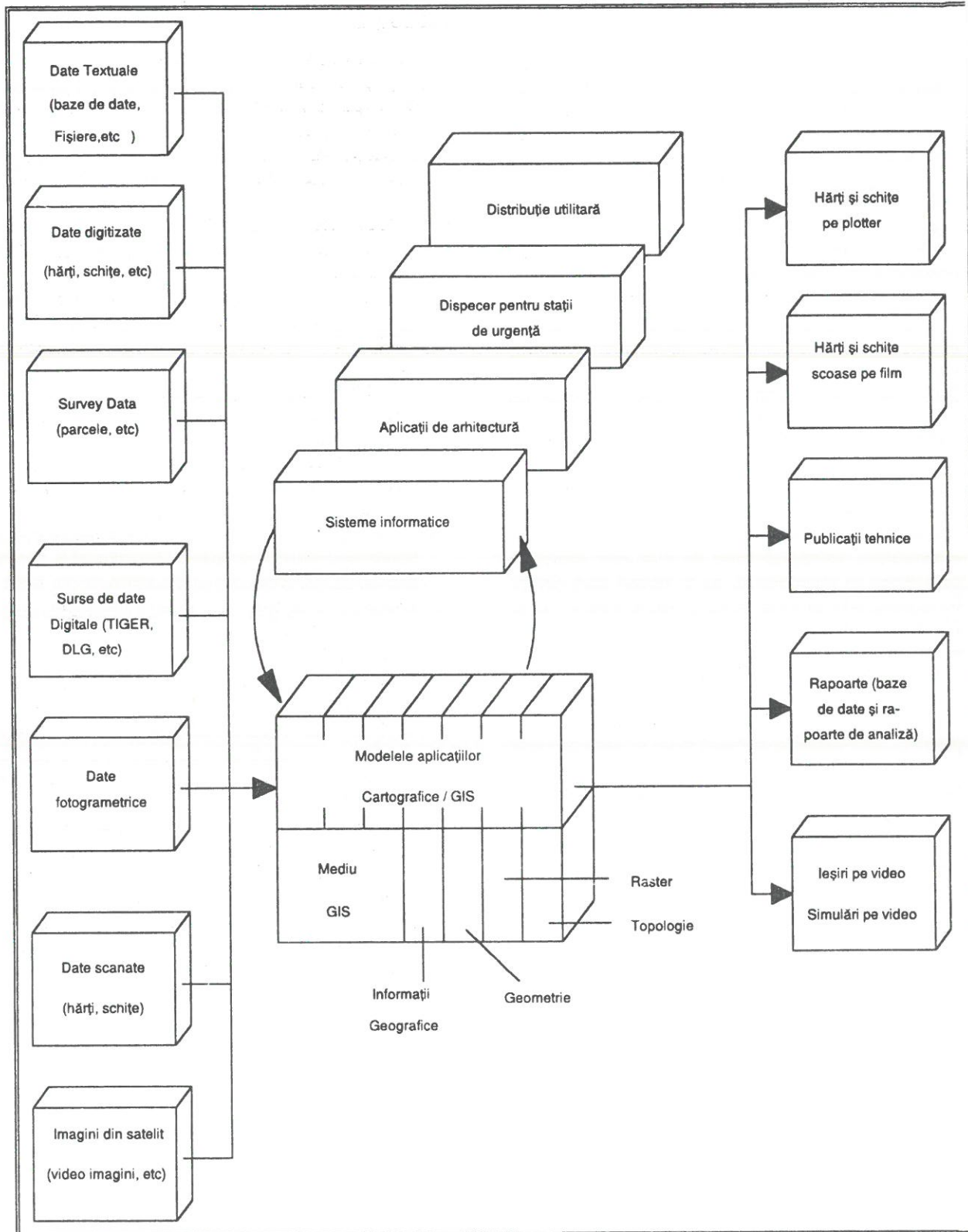


Figura 1

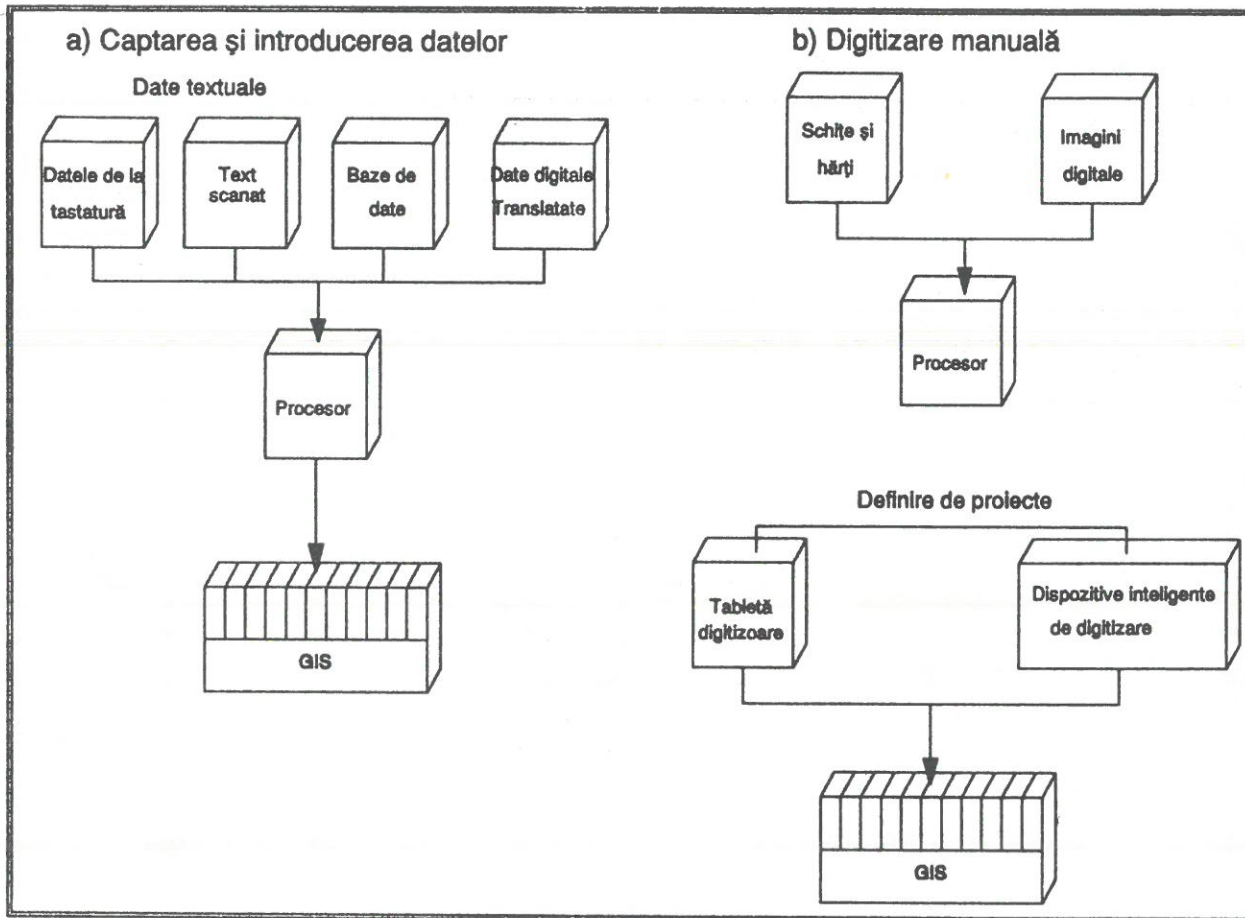


Figura 2 (a,b)

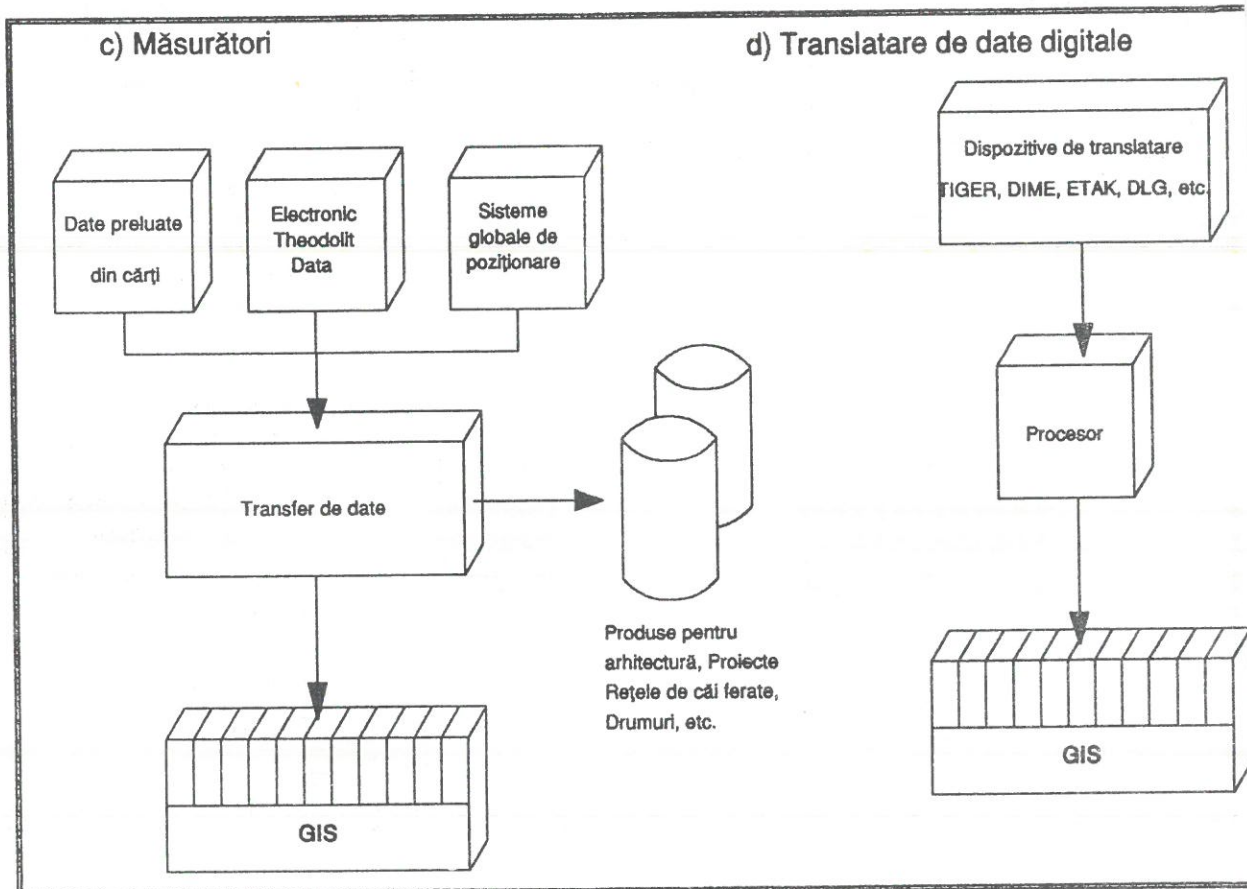


Figura 2 (c,d)



### e) Fotogrametrie

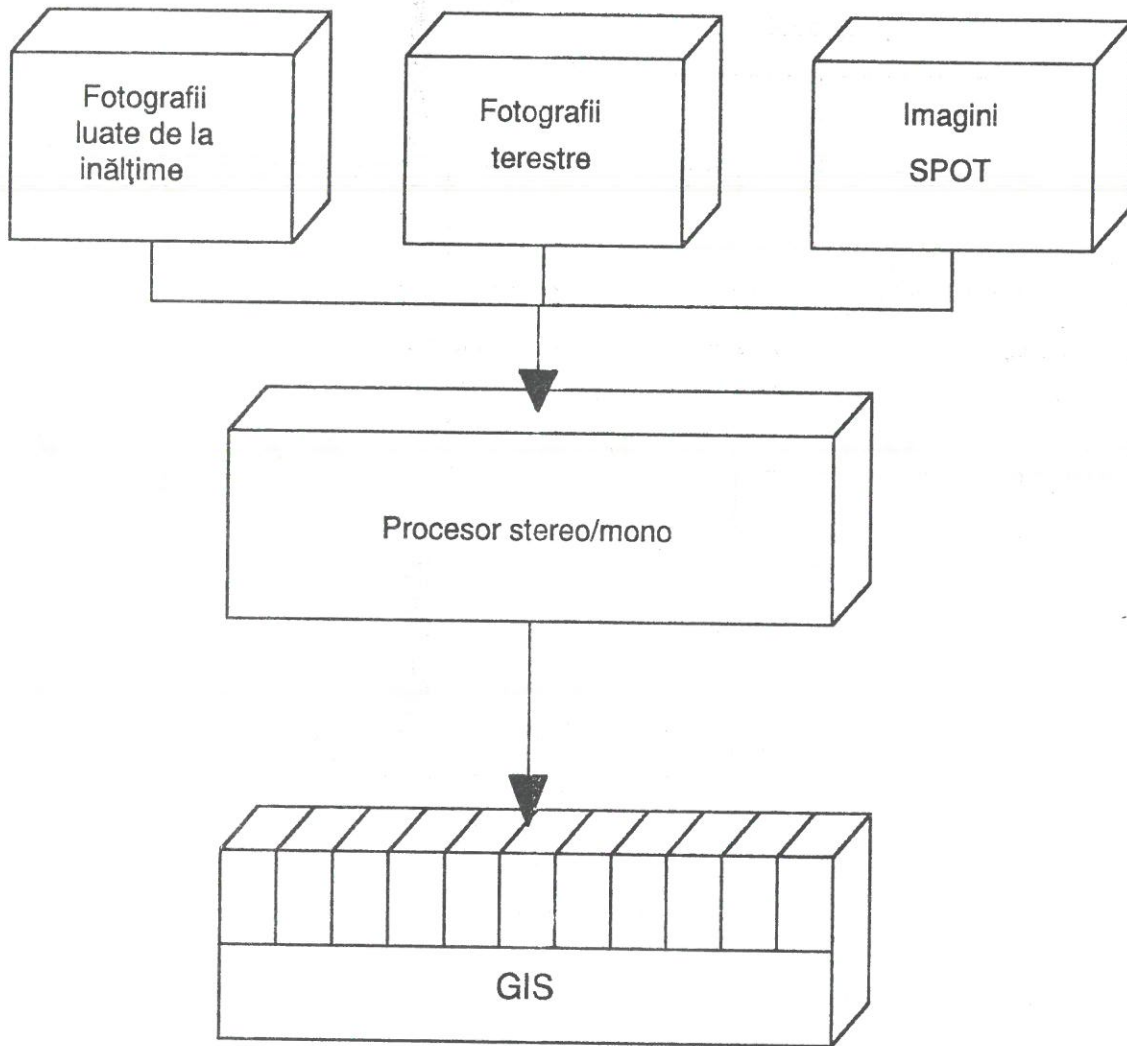


Figura 2 (e)

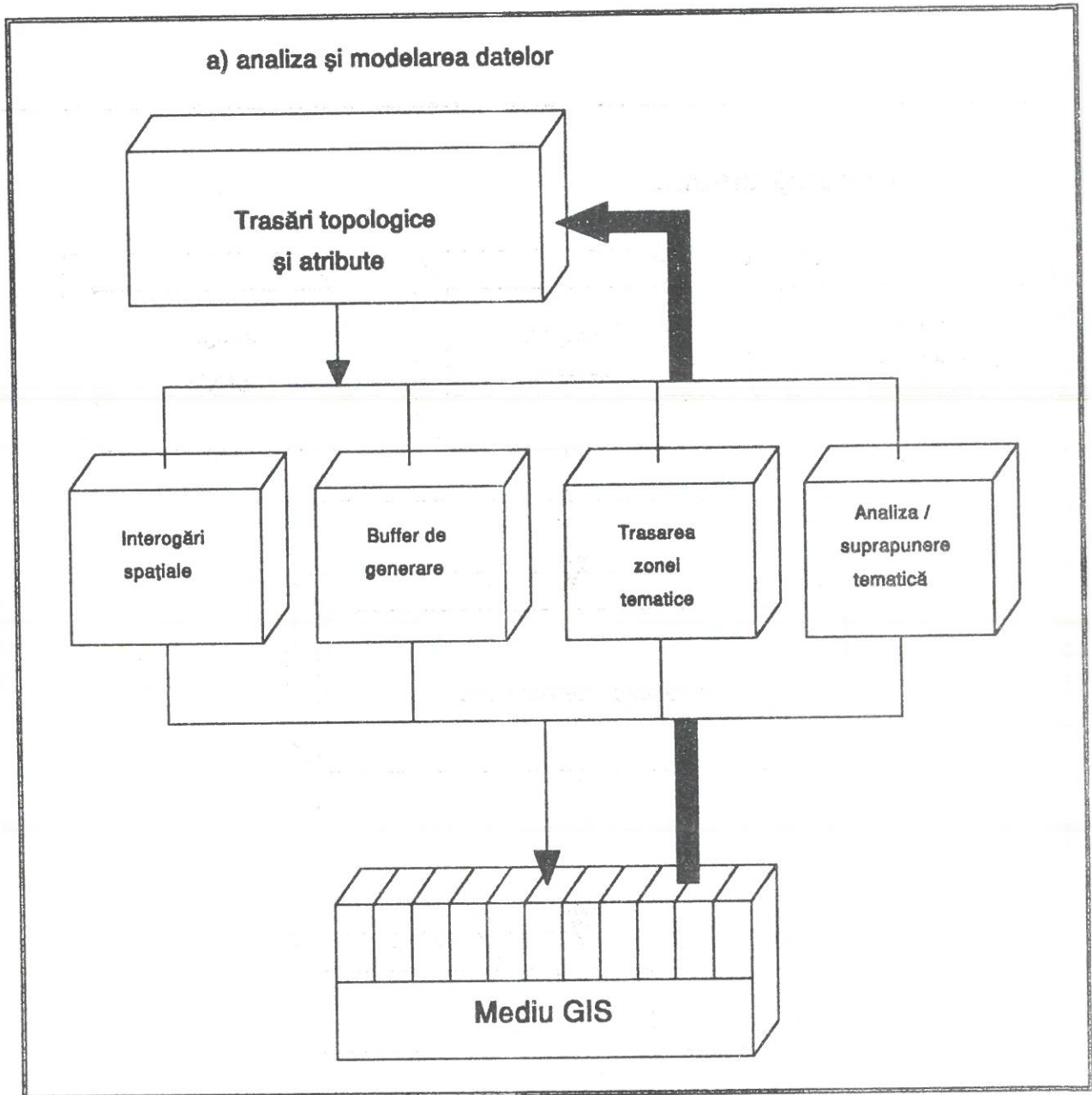


Figura 3 (a)

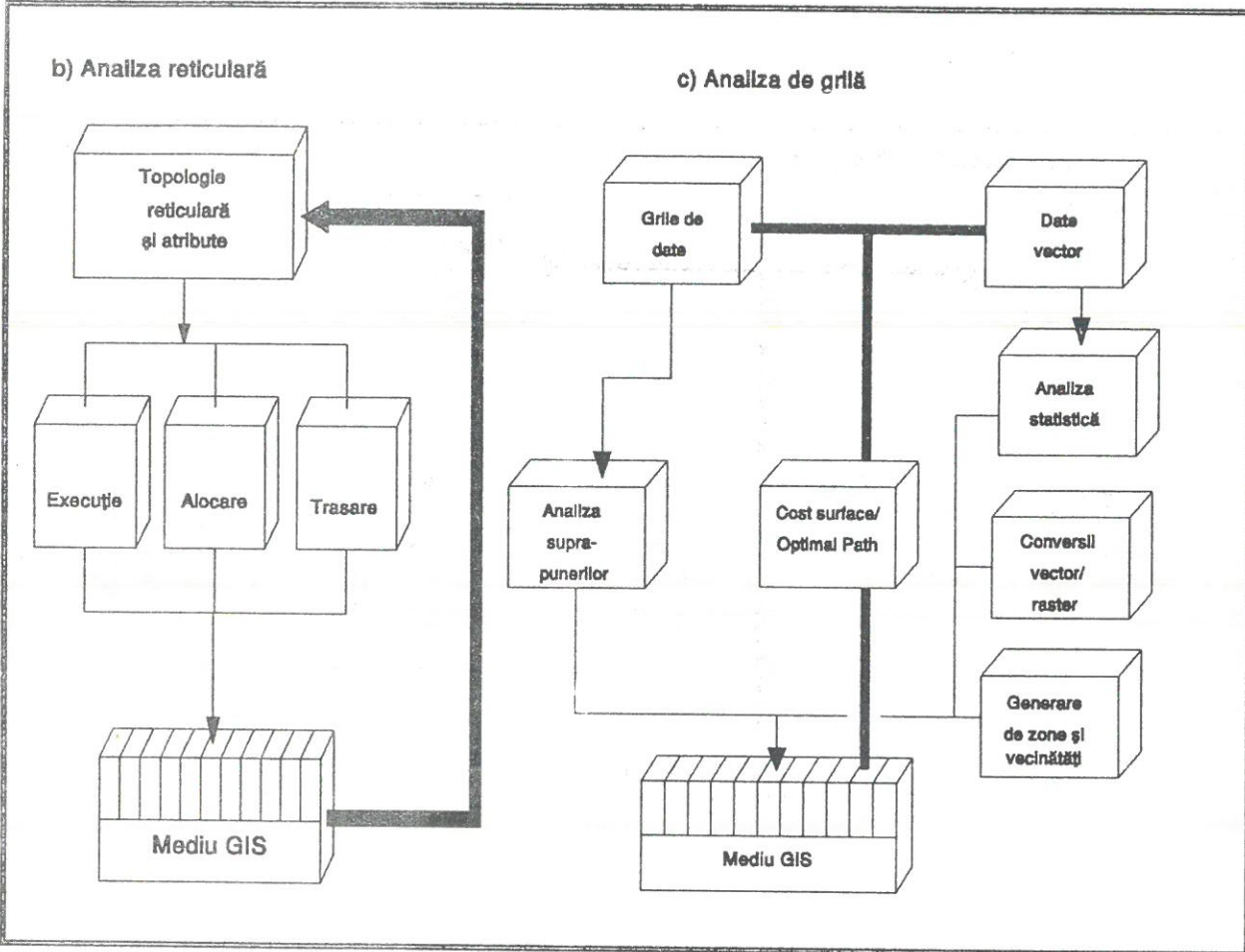


Figura 3 (b, c)

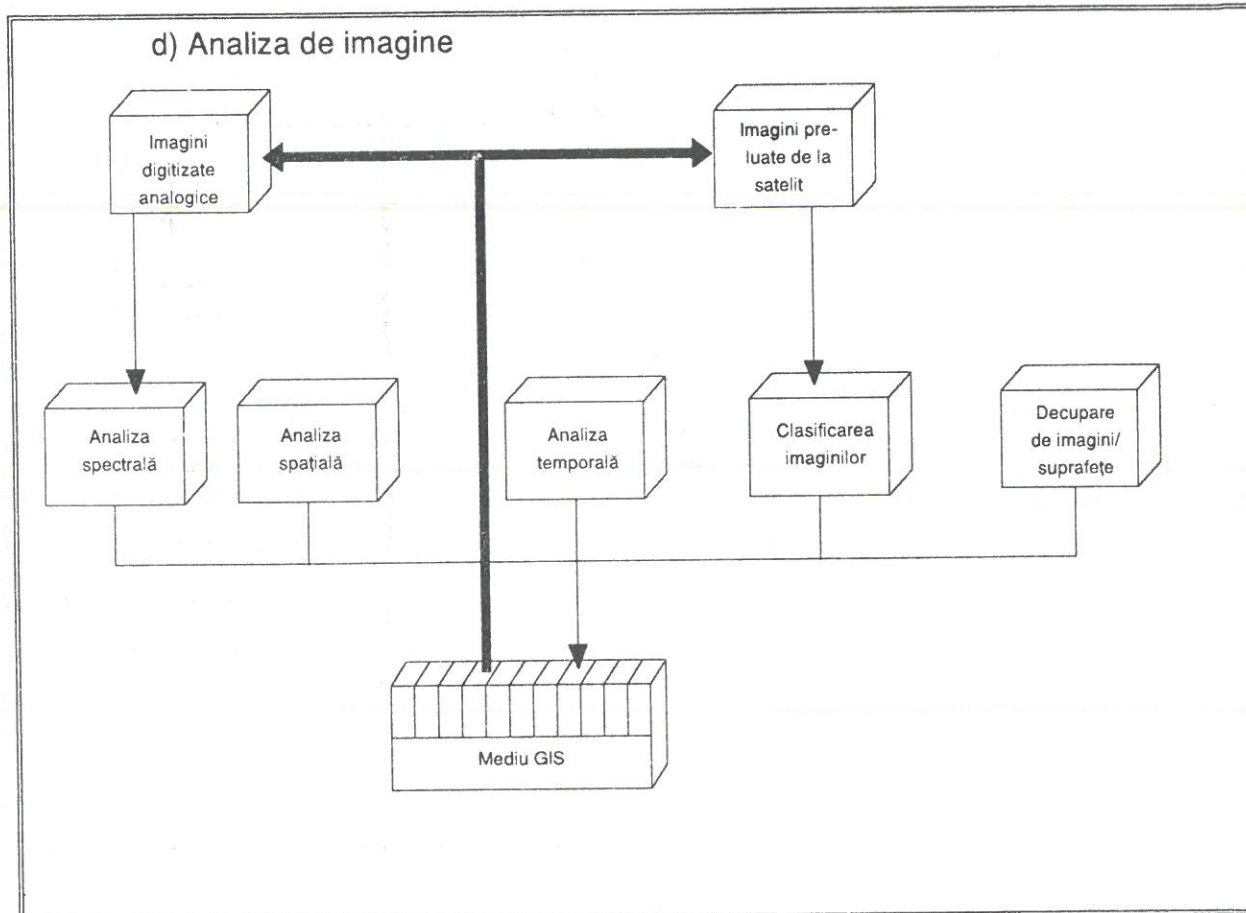
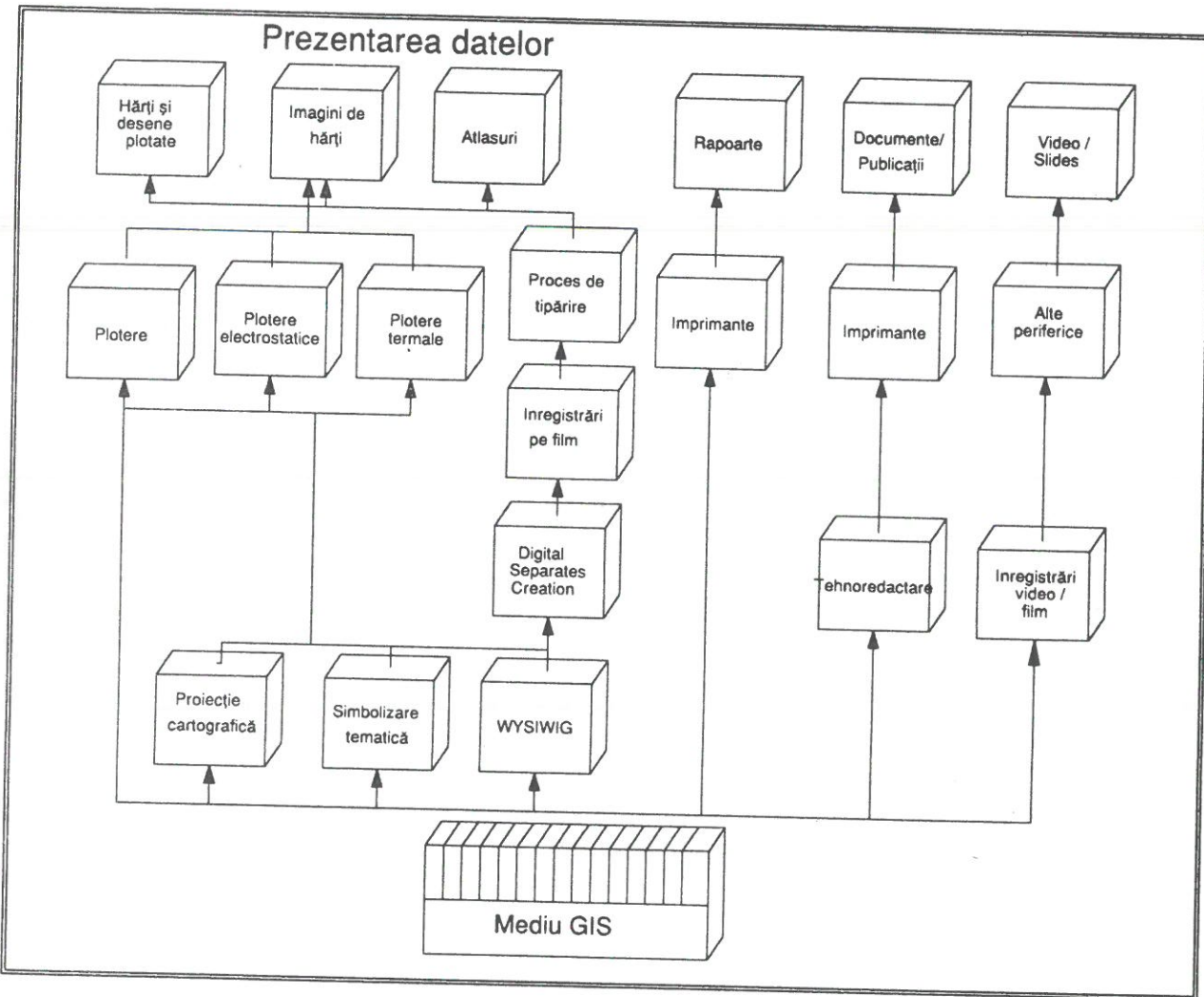


Figura 3 (d)



**Figura 4**