

## Consideratii privind structurile de date specifice sistemelor informationale geografice

Ing. Laurentiu-Virgil RUSAN  
Ministerul Apararii Nationale

*În domeniul administrativ, al lucrarilor publice, al dezvoltarii teritoriului si în special în domeniul economic sunt utilizate frecvent date si informatii despre spatiul geografic. Odata cu punerea bazelor si consolidarii propriului sistem informatic, s-a simtit nevoia tot mai mare de utilizare a unui suport geografic digital în vederea obtinerii unei imagini unitare a datelor problemei de gestionat si realizarii optime a procesului de decizie. Metodele de lucru, respectiv tehnologiile specifice activitatii în domeniul geodezic, fotogrametric si cartografic s-au adaptat rapid la noile cerinte si aplica pe scara larga principiile si facilitatile oferite de lucrul cu sisteme de calcul cu posibilitati de procesare performante.*

**Cuvinte cheie:** modele de date, sistem informational geografic, baze de date geografice, dictionar de date.

**R**ealizarea suportului geografic digital presupune diferite modalitati de conversie a hartilor clasice existente în format analogic, precum si posibilitatea integrarii acestora cu noile date culese prin intermediul sistemelor de masurare terestre sau a platformelor de înregistrare aeriene si spatiale si obtinerea în final a unor produse cartografice digitale posibil de exploatat în diferite aplicatii.

Toate operatiunile de culegere, stocare, actualizare, manipulare, analiza si afisarea a diferitelor forme de date si informatii care au caracterul de a fi georeferentiate, se realizeaza în cadrul unui Sistem Informational Geografic (SIG).

În domeniul proiectarii si realizarii SIG, un rol important îl joaca etapa proiectarii structurilor de date cartografice, în functie de care, în etapa de analiza si de exploatare efectiva, se va dovedi eficacitatea si valoarea SIG-ului realizat.

### I. Modelele de date specifice SIG

Dezvoltarea SIG si a sistemelor de gestiune a bazelor de date (SGBD) s-a desfasurat, pâna nu de mult, oarecum în paralel. În prezent are loc o fuziune a domeniului SGDB si SIG datorita a cel puțin doua tendinte. Mai întâi, utilizatorii SIG au ce-

rinte din ce în ce mai complexe si se orienteaza de la implementari simple, de arie redusa, bazate pe proiecte, spre dezvoltari ample, cu arie larga de cuprindere. Aceasta tendinta necesita integrarea strânsa între SIG si alte elemente specifice sistemelor informationale existente. În al doilea rând, dezvoltarile în domeniul SGDB, în special aparitia sistemelor de gestiune a bazelor de date orientate obiect de tip relational (SGBDOR), face posibila migrarea datelor SIG spre principale fluxuri de tehnologii a bazelor de date pastrându-se însa puterea analizelor spatiale, prelucrarii si functiilor de afisare specifice tehnologiei SIG.

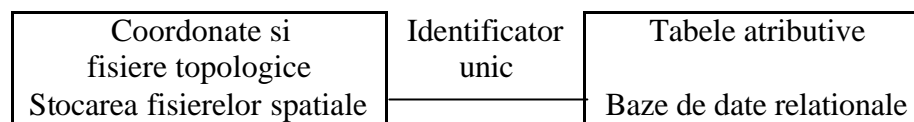
În prezent, pe piata de SIG exista produse functionale care utilizeaza urmatoarele modele de date: modelul hibrid, modelul integrat si modelul orientat obiect.

#### I.1. Modelul de date hibrid

Premisa de baza a unui model de date hibrid (numit si model *georelational*) este ca nu se poate optimiza simultan mecanismul de stocare a datelor, atât pentru date spatiale cât si pentru datele atributive. Modelul utilizeaza un set de fisiere care contin coordonate si date topologice si stocheaza attributele în tabelele unui SGBD principal.

Fiecare element are un identificator unic care face referire la un rând într-o tabela din SGBD.

În figura 1. este reprezentat conceptual acest model.



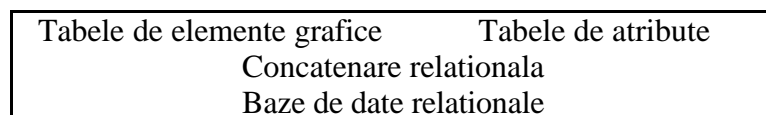
**Fig. 1.** Modelul de date hibrid

În ciuda efortului suplimentar de dezvoltare a pachetelor de programe necesare gestionării legăturilor dintre sistemul de fișiere spațiale și bazele de date externe, SIG-urile care au la baza modelul de date hibrid sunt astăzi printre cele mai de succes SIG comerciale. Exemple de astfel de sisteme sunt ARC/INFO dezvoltat de *Environmental Systems Research Institute, Inc. (ESRI)*, IDGS și MGE dezvoltat de *Intergraph*, respectiv Bentley MicroStation. Aceste produse au evoluat de la o interfață cu un singur SGBD (INFO pentru ARC/INFO, DMRS pentru IGDS), către interfețe generice care accepta baze de date relationale standard-industrial cum ar fi

ORACLE, INGRES, INFORMIX și SYBASE.

### I.2. Modelul de date integrat

Un alt grup de furnizori de SIG au promovat în anii '80 dezvoltarea pachetelor de programe pe baza platformelor de baze de date relationale pure. SIG-ul a fost perceput ca un procesor de interogare ce operează direct pe baze de date relationale. Furnizorii au scos în evidență avantajul utilizării mecanismelor de concatenare relatională standard, în locul algoritmilor proprietar de legare a datelor spațiale și atributive. În figura 2 este reprezentat modelul conceptual de date integrat.



**Fig 2.** Modelul de date integrat

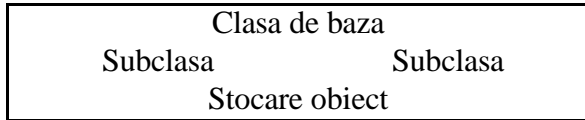
Ideea unei platforme relationale pure a fost atractivă, dar în vederea gestiunii perechilor de coordonate asociate elementelor grafice apar probleme de normalizare, potrivit teoriei formelor normale propuse de J. Codd. Modelul de date integrat se bucură de avantajele interogării, regasirii și mecanismelor de integritate a datelor, dar se înregistrează limitări privind tipurile de date posibil de implementat în SGBD relationale. Modelul oferă premisa ca este posibilă introducerea de noi tipuri de date și poate extinde limbajul de interogare standard (SQL) pentru a interacționa cu tipuri de date spațiale. Unele implementări ale modelului de date integrat sunt: GFIS a lui IBM, SHL SystemHouse's VERSION,

și Unisys' System/9. Realizările inițiale pentru SDE (*Spatial Database Engine* – motor de baze de date spațial) de la ESRI, presupune o variație a modelului de date integrat prin stocarea geometriei asociate ca obiecte mari de tip binar (BLOB) într-o bază de date relatională.

### I.3. Modelul de date orientat obiect

La începutul anilor 1990, un alt grup de furnizori de SIG a aplicat tehnologia orientată obiect pentru pachetele de programe de tip SIG. Orientarea obiect a avut un mare succes, deoarece se puteau modela comportamentul (sau metodele), precum și stările (sau proprietățile) în cadrul unor obiecte care puteau fi stocate eficient în

cadrul unor structuri specifice. Modelul obiect este reprezentat în figura 3.



**Fig 3.** Modelul de date obiect

Un alt avantaj cheie a orientării obiect este posibilitatea de a defini ierarhii de clase. Modelul de date orientat obiect se bucură de avantaje în dezvoltarea aplicației și modelării datelor, dar posedă alternative de stocare a datelor. Există două perspective curente:

1. Utilizarea unui sistem de stocare a datelor orientat pur obiect.
2. Construirea unui mecanism de stocare a obiectelor pe baza unei baze de date relaționale.

Un dezavantaj al implementării unei stocări a datelor orientate pur obiect este lipsa unui limbaj de interogare standard, în bazele de date orientate obiect, disponibile comercial.

Un alt dezavantaj al aranjării obiectelor într-o bază de date relațională este posibilitatea construirii unui mecanism ierarhic al claselor în locul utilizării aceluși mecanism furnizat de un SGBD orientat obiect. Mai mult, dacă se dezvoltă o bază de date relațională proprie și un limbaj de interogare propriu, se pune problema interoperabilității cu datele obținute de la alți furnizori comerciali. Exemple de SIG bazate pe modelul orientat obiect sunt: GDS, LaserScan, și SmallWorld.

În prezent, SIG-urile care utilizează modele de date hibride au ocupat partea cea mai importantă pe piața SIG și rămân atractive pentru multe segmente de piață.

Modelul de date integrat oferă avantajul unui comportament omogen al bazelor de date. Acesta suferă de lipsa de suport în cadrul bazelor de date relaționale tradiționale pentru tipuri de date extinse specifice elementelor spațiale.

Modelul de date orientat obiect are avantaje pentru modelarea elementelor complexe, dar și dezavantajul de integrare redusă a datelor implementate cu bazele de date relaționale principale.

## **II. Proiectarea structurilor de date în cadrul unui SIG**

### **II.1. Elemente generale**

În abordarea specifică acestei lucrări se pleacă de la premisa că SIG care urmează a fi realizat utilizează un model hibrid de date care integrează atât elemente grafice, cât și tabele atributive asociate. Tabele atributive sunt stocate prin intermediul unui SGBD de tip relațional, care permite stocarea datelor spațiale și interogarea acestora utilizând facilități de selecție și analiză specifice SIG. Scopul SIG-ului dezvoltat este de a realiza pe cale digitală produse cartografice în format digital și analogic posibil de exploatat în diferite aplicații economice care utilizează un suport geografic specific.

În vederea proiectării structurilor de date în cadrul unui SIG cu destinație militară trebuie avute în vedere principale etape de realizare și utilizare a unui SIG: construirea bazelor de date; analiza datelor stocate; prezentarea rezultatelor analizelor.

*a) Construirea bazelor de date.* Este etapa cea mai laborioasă și reprezintă etapa critică din procesul de realizare al produselor topogeodezice în format digital.

Completitudinea, consistența și precizia datelor din cadrul bazelor de date determină calitatea analizelor, respectiv calitatea produselor cartografice realizate. Etapele distincte din cadrul acestei etape sunt: *Proiectarea bazelor de date*, care presupune:

- studierea limitelor specifice zonei pentru care urmează a fi construită harta digitală;
- stabilirea sistemului de coordonate adoptat, datumul orizontal și datumul vertical corespunzătoare datelor sursă, respectiv

datelor geografice digitale din bazele de date proiectate;

- stabilirea straturilor de informatii geografice digitale necesare, respectiv care elemente geografice sunt stocate în cadrul fiecarui strat;
- stabilirea atributelor necesare pentru fiecare tip de date;
- stabilirea modului de codificare si de organizare a atributelor.

*Încarcarea bazelor de date*, care presupune:

- culegerea datelor geografice spatiale si stocarea acestora în cadrul bazelor de date. Culegerea datelor se realizeaza prin procesul de digitizare sau utilizând procesul de conversie a datelor de pe alte sisteme;
- pentru ca datele geografice spatiale stocate sa poata fi exploatate cu succes în regim automat, trebuie verificata si corectata de erori, fapt care va permite generarea topologiei;
- introducerea si stocarea atributelor asociate.

*Administrarea bazelor de date*, presupune:

- referirea datelor spatiale într-un sistem de coordonate comun, concatenarea bazelor de date specifice zonelor geografice adiacente si întreținerea (salvarea, actualizarea, reconstituirea) bazelor de date.

#### *b) Analiza datelor stocate*

În aceasta etapa este dovedita puterea unui SIG. Operatiunile analitice (care prin alte metode ar fi foarte laborioase sau imposibil de realizat) pot fi realizate eficient utilizând noile posibilitati specifice unui SIG. Pot fi testate scenarii alternative prin modificarea corespunzatoare a criteriilor si parametrilor specifici metodelor analitice de studiu. Datele intermediare obtinute ca rezultat al analizelor specifice SIG pot fi utilizate în functie de obiectivele propuse si bazele de date dezvoltate.

#### *c) Prezentarea rezultatelor analizelor*

Un SIG ofera optiuni pentru crearea hartilor grafice digitale si a rapoartelor. Produ-

sele finale trebuie sa îndeplineasca cerintele pentru care au fost proiectate si sa reprezinte în mod corespunzator elementele geografice precum si relatiile dintre acestea. Modul de sintetizare si reprezentare a rezultatelor analizelor, atât grafic cât si tabelar, va determina efectul pe care îl vor avea aceste date în procesul de luare al deciziei.

## **II.2. Proiectarea bazelor de date**

În etapa proiectarii bazelor de date din cadrul unui SIG se decide asupra structurilor de date ce urmeaza a fi utilizate si a relatiilor de interdependenta care exista între acestea. Primul pas în dezvoltarea bazelor de date digitale este determinarea continutului ce urmeaza a fi stocat în bazele de date.

Alocarea unui timp suplimentar pentru proiectarea bazelor de date înainte sa fie încarcate efectiv, ca urmare a procesului de digitizare, va asigura atunci când va fi necesara realizarea analizelor si crearea produselor finale, toate elementele cartografice din continutul straturilor de date si atributelor de care va fi nevoie.

Proiectarea bazelor de date consta din urmatorii pasi: identificarea straturilor de date si atributelor corespunzatoare; definirea parametrilor de stocare pentru fiecare atribut; registrarea coordonatelor.

#### *Identificarea straturilor de date si atributelor corespunzatoare*

Primul pas al proiectarii bazelor de date este determinarea datelor care vor fi incluse în baza de date. Etapele acestui proces sunt: identificarea elementelor geografice si a atributelor lor; organizarea straturilor de date; identificarea straturilor de date.

#### **a) Identificarea elementelor geografice si a atributelor lor**

Trebuie identificate elementele geografice necesare în baza de date si atributele asociate cu fiecare element. Acestea vor fi determinate de analizele geografice si produsele topogeodezice digitale care urmeaza

a fi realizate. În functie de criteriile de analiza adoptate pot exista câteva atribute specifice fiecarui element geografic.

#### **b) Organizarea straturilor de date**

Dupa identificarea elementelor grafice necesare si a atributelor corespunzatoare, se poate începe organizarea elementelor geografice în straturi de date.

Factorii care influenteaza organizarea elementelor geografice în straturi de date geografice difera în functie de contextul aplicatiei dezvoltate. Organizarea straturilor de date se realizeaza dupa tipurile de date (punctual, liniar, areal) respectiv organizarea tematica a elementelor grafice.

Straturile de date sunt organizate astfel încât elementele de tip punctual, liniar si areal sa fie stocate fiecare în straturi de date separate. De exemplu, bazinele cu apa reprezentate prin puncte pot fi stocate într-un strat, pe când caile de comunicatii reprezentate prin linii sunt organizate în alt strat. Elementele geografice pot fi, de asemenea, organizate tematic în functie de semnificatie. De exemplu, cursurile de apa pot fi organizate într-un strat si caile de comunicatii în altul (figura 4).

#### **c) Identificarea straturilor de date**

Procesul identificarii elementelor geografice si atributelor corespunzatoare, respectiv organizarea acestor informatii în straturi de date va determina continutul bazei de date. În unele cazuri, straturile de date vor fi disponibile pe harti separate, sau datele pentru zona în lucru vor fi deja stocate în format digital. În alte cazuri, va fi necesara realizarea culegerii straturilor de date dintr-o singura harta de baza. În aceste cazuri este mai usoara crearea originalelor de harta separate pentru fiecare strat.

Dupa ce fiecare original de editare a fost digitizat se vor obtine elementele geografice necesare, stocate ca si coordonate X,Y în baza de date digitale, împreuna cu atributele corespunzatoare.

#### *Definirea parametrilor de stocare*

Odata determinate atributele necesare pentru fiecare strat din baza de date, trebuie stabiliti parametrii specifici pentru fiecare atribut si tipul valorilor care urmeaza a fi stocate.

##### *a) Codificarea*

Atributele sunt stocate în baza de date sub forma de valori numerice si siruri de caractere. Unele atribute descrise de un sir de caractere sunt mai bine reprezentate în calculator sub forma codificata. Daca atributul descrie o clasa, el poate fi stocat mai eficient si mai usor ca un cod pentru o clasa decât ca o descriere. La proiectarea bazelor de date trebuie avut în vedere ca elementele grafice pot fi întotdeauna grupate în mai multe clase la o data ulterioara, grupare care se poate realiza pe baza selectiilor în functie de codurile specifice atributelor asociate elementelor grafice stabilite initial.

##### *b) Stocarea datelor*

În vederea stocarii eficiente a datelor, trebuie decis cum va fi stocat fiecare atribut, respectiv spatiul de memorie necesar pentru stocarea fiecarui element. De exemplu, numarul de caractere necesare pentru stocarea numelui unei cai de comunicatie va fi determinat de numele cel mai lung al unui astfel de element.

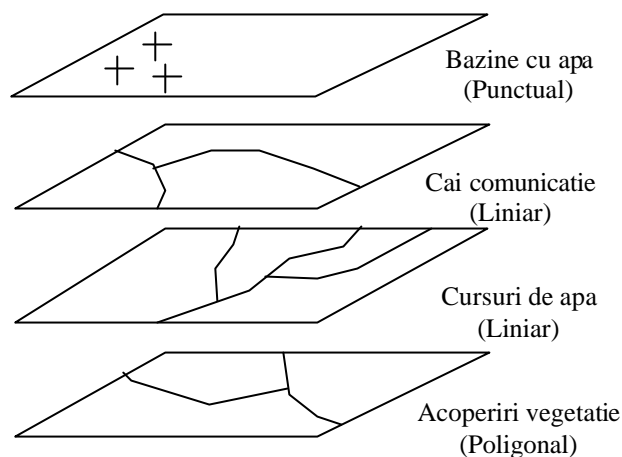
Pentru câmpurile numerice trebuie determinat numarul de cifre necesare si numarul de pozitii zecimale. Trebuie avut în vedere ca vor fi stocate volume mari de date. Mai putin spatiu de memorie utilizat pentru un atribut va determina înregistrari de dimensiuni mai mici, fapt care va duce la reducerea dimensiunii fisierelor de date.

##### *c) Construirea dictionarului de date*

Dictionarul de date este o lista care pastreaza pentru fiecare *coverage* numele atributelor si descrierea valorilor atributive, incluzând o descriere a fiecarui cod daca este necesar. Crearea unui dictionar

de date pentru baza de date va constitui un element de referinta pe timpul dezvoltarii

unui proiect specific SIG pentru asigurarea transferului de informatii între sisteme.



**Fig. 4.** Organizarea straturilor de date

#### *Registrarea coordonatelor*

Dupa identificarea straturilor de date din structura bazelor de date trebuie realizata registrarea acestora în raport cu pozitia lor reciproca. Baza de date va consta dintr-un numar de straturi de date care reprezinta elemente diferite pentru aceeasi zona geografica.

Când se combina date dintr-un anumit strat cu date din alt strat (de exemplu, când se suprapun doua straturi de date pentru a crea unul nou) datele care coincid trebuie sa se suprapuna exact.

Daca registratia coordonatelor este realizata, dar mai putin precis, vom avea de-a face cu probleme de deplasare relativa: poligoane aschie la realizarea suprapunerilor, muchii (limite) zimtate când se genereaza hartile, masuratori imprecise când datele sunt prelucrate si sintetizate în rapoarte sub forma tabelara.

### **III. Concluzii**

Piata de SIG ar trebui sa beneficieze de un progres din partea tuturor celor trei modele pe cale le furnizeaza:

- algoritimizarea complexa si performantele superioare ale sistemelor hibride;
- posibilitatea integrarii pe scara larga a informatiilor din modelul de date integrat;

- modelarea datelor si avantajele dezvoltarii aplicatiilor specifice modelului de date orientat obiect.

Înainte de culegerea efectiva prin digitizare a datelor si realizarea stocarii acestora în baze de date geografice digitale este necesara desfasurarea unei etape de analiza si proiectare a bazelor de date potrivit surselor disponibile si aplicatiilor specifice SIG care urmeaza a fi realizate. Aceasta va asigura ca în etapa finala de exploatare a unui SIG toate datele vor fi regasite si vor contine atributele cores-punzatoare.

Un alt factor important se refera la registratia corecta a surselor de date, fapt care va permite suprapunerea ulterioara a diferitelor straturi de date, respectiv afisarea simultana a straturilor de date adiacente.

#### **Bibliografie:**

- David J. Maguire, Michael F. Goodchild, David W. Rhind – Geographical Information System, principles and applications, Vol I, II, Langman Scientific & Technical, 1990;
- Understanding GIS - The Arc/Info Method, Environmental Systems Research Institute, Redlands (ESRI), CA, USA, 1990;
- Arc/Info Guides: Arc/Info Users Guide, vol I, II, ArcEdit Users Guide, ArcPlot

Users Guide, ArcTools, Network, TIN, ESRI, Redlands, CA, USA, 1996;

- Arc/Info: The World's GIS, ESRI, Redlands, CA, USA, 1995;
- ArcView GIS, Environmental Systems Research Institute, Redlands, Redlands, CA, USA, 1996;
- ESRI Shapefile Technical Description, ESRI White Paper, CA, USA, 1998;
- GIS Approach to Digital Spatial Libraries, ESRI, CA, USA, 1995;

- GIS Data Storage Trends: Implications for Utilities, ESRI White Paper, CA, USA, 1997;

- Libraries and GIS, ESRI, CA, USA, 1994;

- Vector Product Format (VPF) - U.S. Military Standard;

- Vector Smart Map (VMAP) - U.S. Military Standard.