

Prefață

## ALEXANDRU MIRCEA IMBROANE

# SISTEME INFORMATICE GEOGRAFICE

## VOLUMUL I

## STRUCTURI DE DATE

PRESA UNIVERSITARĂ CLUJEANĂ

2012

## Tabla de materii

<b>Capitolul 1. Introducere.....</b>	<b>31</b>
1. Definiții.....	31
2. Domeniile de aplicabilitate ale GIS .....	33
3. GIS – un domeniu interdisciplinar .....	34
Bibliografie.....	35
<b>Capitolul 2. De la realitate la harta digitală .....</b>	<b>37</b>
1. De la realitate la harta tradițională.....	37
2. Cât de mult ne informează o hartă tradițională? .....	37
3. De la harta tradițională la stratul tematic .....	38
4. Grade de abstractizare.....	39
5. Ce înseamnă o prelucrare pe hartă ? .....	40
6. Sisteme de reprezentare ale hărților și ale straturilor tematice .....	41
6.1. Sistemul de reprezentare vectorial .....	41
6.2. Sistemul de reprezentare raster .....	42
6.3. Comparație între sistemul de reprezentare vectorial și cel raster .....	44
6.4. Reprezenatrea suprafețelor prin TIN.....	45
Bibliografie.....	46
<b>Capitolul 3. Structuri de date spațiale vectoriale.....</b>	<b>47</b>
1. Modele de date.....	47
2. Reprezentarea internă a straturilor vectoriale .....	48
2.1. Reprezentarea stratului punct .....	48
2.2. Reprezentarea stratului linie.....	49
2.3. Reprezentarea stratului poligon.....	50
3. Legătura cu atributele. Generarea tabelului de atribut .....	51
4. Modelul spaghetti .....	53
5. Sensul de digitizare. Noțiunile de NOD și ARC.....	54
6. Conexiune și vecinătate .....	55
7. Modele topologice .....	58
7.1. Noțiuni de teoria grafurilor .....	58
7.2. Modelul topologic de rețea.....	60
7.3. Model topologic de suprafață.....	62

8. Adnotații .....	63
9. Introducerea datelor vectoriale .....	64
9.1. Procesul de digitizare .....	64
9.2. Digitizarea cu digitizorul .....	65
9.3. Vectorizare ecran .....	66
9.4. Regimuri de digitizare .....	68
9.5. Date preluate de receptoare GPS și stații totale .....	69
10. Import .....	69
10.1. Import din alte softuri GIS .....	69
10.2. Import din softuri CAD .....	69
11. Optimizarea stocării datelor vectoriale. Compresia datelor .....	70
12. Tabele de atribut .....	72
12.1. Tipuri de atribute .....	73
12.2. Câmpuri pentru atribute .....	74
12.3. Relații între atribute. ....	75
13. Organizarea datelor geografice .....	77
Bibliografie .....	79
<b>Capitolul 4. Structuri de date spațiale raster .....</b>	<b>81</b>
1. Înțelegerea structurilor de date raster .....	81
2. Reprezentarea internă a unui raster .....	82
3. Valori pentru celule .....	83
3.1. Valori întregi pentru celule .....	83
3.2. Tabelul de atribut asociat .....	84
3.3. Valori reale pentru celule .....	85
4. Rezoluția unui raster .....	85
5. Rasterele privite ca date tematice .....	86
5.1. Date spațiale discrete .....	87
5.2. Date spațiale continue .....	87
6. Tipuri de date raster .....	87
7. Forme de date raster .....	87
7.1. Hărți scanate .....	88
7.2. Imagini satelitare .....	88
7.3. Organizarea imaginilor satelitare pe benzi spectrale .....	88
7.4. Imagini aeriene .....	89
7.5. Date convertite din alte surse .....	90
8. Afișarea rasterelor .....	93
8.1. Afișarea rasterelor monobandă .....	93
8.2. Afișarea rasterelor multibandă .....	93
9. Formate raster .....	94



10. Stocarea rasterelor .....	95
Bibliografie.....	98
<b>Capitolul 5. Noțiuni de geodezie .....</b>	<b>99</b>
1. Semnificația sistemelor de coordonate .....	99
2. Geoidul .....	100
3. Sfera.....	101
4. Elipsoidul.....	102
4.1. Cracteristicile generale ale elipsoidului .....	103
4.2. Generarea elipsoizilor .....	104
4.3. Coordonate geografice pe elipsoid (geodezice) .....	105
4.4. Sistemul de referință cartezian geocentric.....	106
5. Sisteme de referință și cadre de referință.....	108
5.1. ITRS.....	108
5.2. ETRS89.....	109
5.3. WGS84.....	110
6. Elipsoidul de referință. Datum-ul geodezic .....	110
6.1. Definirea datum-ului .....	111
6.2. Exemple de datum.....	112
6.3. Transformarea de datum .....	113
6.4. Tipuri de transformări .....	114
6.5. Transformările cu 3 parametri.....	115
6.6. Transformările cu 7 parametri.....	115
7. Transformări de datum pentru hărți în proiecție .....	116
8. Devierea de la verticală .....	116
9. Datum-ul vertical.....	118
9.1. Datum vertical local .....	119
9.2. Datum vertical global.....	121
9.3. Exemple de datum vertical.....	121
10. Transformări pentru datum vertical .....	122
11. Datum-ul vertical și nivelul mării.....	122
Bibliografie.....	123
<b>Capitolul 6. Proiecții cartografice .....</b>	<b>125</b>
1. Formularea problemei.....	125
2. Ecuțiile hărții.....	127
3. Proprietățile generale ale proiecțiilor.....	130
4. Distorsiuni generate de proiecții .....	131
4.1. Deformarea lungimilor, unghiurilor și ariilor.....	131
4.2. Distorsiunea scării.....	132



4.3. Indicatoarea Tissot .....	132
5. Alegerea sistemului de proiecție .....	134
6. Schimbarea proiecției. Transformări de coordonate. ....	134
7. Proiecția Mercator .....	135
8. Proiecția Gauss-Kruger.....	136
9. Proiecția UTM .....	139
10. Proiecția stereografică pentru România .....	141
10.1. Proiecția Stereo33 .....	141
10.2. Proiecția Stereo70 .....	142
10.3 Proiecția dublu-stereografică.....	143
11. Parametri de proiecție și datum-ul orizontal .....	144
11.1. Parametri de proiecție .....	144
11.2. Hărți în proiecție și datum-ul orizontal .....	145
11.3. Proiecția dublu-stereografică implementată în ArcGIS .....	145
Bibliografie.....	146
<b>Capitolul 7. Localizarea spațială. Georeferențiere .....</b>	<b>147</b>
1. Localizarea spațială .....	147
2. Georeferențierea .....	148
2.1. Transformarea afină.....	149
2.2. Transformări polinomiale de grad superior.....	152
2.3. Alte transformări posibile care pot fi încorporate în softuri GIS .....	153
3. Restructurarea rasterelor.....	154
4. Rectificarea rasterului.....	155
5. Georeferențierea în diferite softuri. Export/Import.....	155
6. Georeferențierea unei imagini satelitare (multibandă).....	156
7. Schimbarea sistemului de proiecție a unui raster.....	156
Bibliografie.....	156
<b>Capitolul 8. Modelul de date obiect.....</b>	<b>157</b>
1. Neajunsul prelucrării datelor cu limbaje procedurale.....	157
2. Paradigma programării orientate obiect.....	158
3. Caracteristicile esențiale ale obiectelor.....	160
4. Metode și mesaje .....	160
5. Abstractizarea, încapsularea și ascunderea informațiilor.....	161
6. Interfața.....	162
7. Clase de obiecte .....	162

8. Subclase, superclase și moștenirea .....	163
9. Polimorfismul .....	163
10. Tipuri abstracte de date .....	164
11. Modelarea datelor geografice prin obiecte .....	164
12. Relații .....	165
13. Domenii ale atributelor .....	166
14. Reguli topologice .....	166
15. Cod intern vs. obiect .....	167
16. Editarea obiectelor .....	168
17. Modificarea metodelor din cadrul obiectului .....	169
18. Tipuri de date geografice și funcțiile asociate acestora .....	169
19. Modelarea datelor geografice în practică .....	170
Bibliografie .....	170
<b>Capitolul 9. Organizarea datelor în fișiere și baze de date .....</b>	<b>171</b>
1. Structuri de date .....	171
2. Fișiere de date .....	173
2.1. Organizarea logică a fișierelor .....	173
2.2. Organizarea indexului .....	175
2.3. Organizarea fizică a fișierelor .....	176
2.4. Neajunsul structurilor bazate pe fișiere .....	176
3. Baze de date .....	177
4. Sisteme de Gestiune ale Bazelor de Date (SGBD) .....	179
4.1. Principalele funcții ale SGBD .....	180
4.2. Tipuri de SGBD. Scurt istoric .....	180
5. Modele de organizare și structurare ale bazelor de date .....	181
5.1. Modelul ierarhic (sau arborescent) .....	181
5.2. Modelul reticular (în rețea) .....	183
5.3. Modelul relațional .....	184
6. Baze de date relaționale extinse .....	188
6.1 Modelul entitate - relație .....	188
6.2. Modelul entitate - relație extins (EER) .....	189
7. Baze de date orientate spre obiecte .....	190
8. Baze de date relaționale și orientate spre obiecte .....	191
8.1. Stocarea datelor în tabele .....	192
8.2. Indexarea spațială .....	193
9. Baze de date deductive .....	195

10. Baze de date Obiect-Deductive.....	197
11. SGBD distribuite .....	197
12. SGBD paralele.....	199
13. Baze de date geografice (BDG).....	199
Bibliografie.....	200
<b>Capitolul 10. Modele de date geografice ESRI bazate pe fișiere .....</b>	<b>203</b>
1. Scurtă prezentare a softurilor ESRI .....	203
2. Model de date CAD .....	204
3. Formatul DXF.....	206
4. Shapefile .....	206
5. Modelul de date coverage.....	209
6. Noua orientare: baza de date geografică.....	210
7. Structuri raster .....	211
8. TIN .....	211
9. Alte structuri ESRI .....	212
9.1. Etichete și adnotații.....	212
9.2. Stabilirea scării de referință .....	212
9.3. Crearea de adnotări .....	212
9.4. Tabele.....	212
10. Prezentarea produsului ArcGIS .....	213
10.1. Componentele ArcGIS .....	213
10.2. ArcGIS Desktop.....	214
10.3. Extensii ArcGIS .....	215
10.4. Server GIS.....	216
10.5. Developer GIS.....	216
10.6. Mobile GIS.....	217
Bibliografie.....	217
<b>Capitolul 11. Baze de date geografice. Modelul Geodatabase.....</b>	<b>219</b>
1. Introducere.....	219
2. Caracteristicile generale ale GDB.....	219
3. Entități grafice în modele de date orientate obiect.....	220
4. Tipuri de geodatabase .....	222
4.1. Personal GDB (P-GDB).....	222
4.2. File GDB (F-GDB) .....	222
4.3. ArcSDE GDB.....	223
5. Tipuri de date stocate în geodatabase .....	223



6. Reprezentarea entităților grafice prin vectori.....	225
6.1. Referința spațială. Stocarea datelor în GDB .....	227
6.2. Precizia în cadrul GDB .....	229
6.3. Avantajele stocării în numere întregi .....	232
7. Indexul (indicele) spațial .....	232
8. Domenii ale atributelor .....	233
8.1. Subtipuri.....	234
8.2. Reguli de validare ale atributelor .....	234
8.3. Reguli în caz de unire sau de împărțire (diviziune).....	235
9. Relații și clase de relații .....	236
9.1. Ce este o clasă de relații? .....	236
9.2. Anatomia unei relații.....	236
9.3. Relații simple și relații compozite.....	238
9.4. Atribute ale claselor de relații .....	238
9.5. Reguli privind relațiile .....	239
10. Etichete si adnotări .....	240
11. Tabele în GDB.....	240
11.1. Tipuri de tabele .....	240
11.2. Câmpuri în cadrul geodatabase .....	240
12. Topologia în GDB .....	241
12.1. De ce folosim topologia? .....	241
12.2. Crearea topologiei.....	242
12.3. Cum sunt construite și validate topologiile? .....	243
12.4. Cluster tolerance și ranks .....	243
12.5. Z cluster tolerance.....	245
12.6. Definirea regulilor topologice în GDB.....	245
12.7. Erori și excepții .....	246
12.8. Gestiunea topologiei.....	246
13. Rețele geometrice .....	247
13.1. Structura unei rețele.....	247
13.2. Reguli de conectivitate .....	249
13.3. Fluxul pe rețea.....	250
13.4. Noțiuni specifice .....	250
13.5. Aplicații practice .....	250
14. Reprezentarea suprafețelor cu TIN. Terrain dataset .....	251
15. Structuri de date raster în cadrul GDB.....	252
15.1. Personal GDB. ....	254
15.2. File GDB.....	255
15.3. ArcSDE GDB.....	255
16. Regăsirea adreselor cu locatori .....	256
17. Multiuser GDB .....	258
17.1. Tranzacțiile într-o bază de date geografică .....	259
17.2. Fundamentele versionării .....	260

<b>ANEXA I Noțiuni de topologie .....</b>	<b>339</b>
Respect pentru oameni și cărți	
<b>ANEXA II Măsurarea distanțelor pe Pământ.....</b>	<b>343</b>
<b>ANEXA III Transformări de datum.....</b>	<b>349</b>
<b>ANEXA IV Clasificarea proiecțiilor cartografice.....</b>	<b>353</b>
<b>ANEXA V Sisteme de coordonate și transformări de coordonate.....</b>	<b>357</b>
<b>ANEXA VI Sisteme de ecuații liniare supradimensionate .....</b>	<b>367</b>
<b>ANEXA VII Noțiuni de statistică .....</b>	<b>371</b>
<b>SUMMARY. Geographical Information Systems. Volume I.....</b>	<b>381</b>

## Capitolul 2 De la realitate la harta digitală

### 1. De la realitate la harta tradițională

Harta este o reprezentare ideală în formă simplificată, abstractă și convențională a unui teritoriu, care servește la obținerea directă a unor informații, sau care poate fi supusă unor prelucrări în vederea obținerii de informații care nu se pot extrage în mod direct. Este abstractă pentru că folosim puncte, linii sau areale, care sunt simbolizate într-o manieră convențională. Pentru a deosebi unele elemente față de altele (de exemplu un râu de un drum) folosim semne convenționale. Informația care se obține din vizualizarea unei hărți este directă (adică se identifică ce este la o anumită locație) sau indirectă dacă acea hartă este supusă unei prelucrări (vezi mai jos). Niciodată o hartă nu va înfățișa toate detaliile de pe teren. Gradul de detaliu depinde de scara și scopul pentru care s-a realizat harta. De aceea spunem că este simplificată.

Dacă suprafața pământului o considerăm realitatea, atunci o hartă este o abstractizare a acestei realități, așa cum am amintit mai sus. Astfel, când realizăm o hartă spunem că am trecut la primul nivel de abstractizare. Vom vedea mai târziu cât de important este să înțelegem gradele de abstractizare ale structurilor de date geografice. Acest lucru este decisiv în utilizarea softurilor GIS până la un nivel cât de cât rezonabil.

În prima sa formă, harta se realizează în urma unor măsurători pe teren sau din imagini (aeriane sau satelitare) prin procedee fotogrametrice, sau prin digitizare directă pe imagini. Dacă am avea o imagine asupra unui teritoriu, percepția noastră asupra teritoriului este diferită; apar anumite detalii, dar nu avem nici o informație alfanumerică (ce reprezintă un anumit obiect). De exemplu, pe o imagine urbană nu vom găsi niciodată denumirea unei străzi. Ne-ar trebui o altă structură (liniară) care să ne dea informația respectivă.

Hărțile tradiționale sunt imprimate pe suport de hârtie. În consecință, caracteristicile principale (scara, proiecția) nu pot fi schimbate. Acest lucru are un mare neajuns după cum vom vedea mai departe. Există nenumărate tipuri de hărți, de la cele topografice (scara 1:100.000, până la 1:5000), hărți turistice, hărți de soluri, hărți geologice etc. Dar mai există și planuri topografice la scări mari (1:2000 până la 1:500) care sunt exclusiv bazate pe măsurători în teren. În sistem tradițional nu există nici un sistem de combinare a hărților la diferite scări. Prin combinare înțelegem aici, suprapunerea unei hărți detaliate (scară mare) peste una mai puțin detaliată (scară mică).

### 2. Cât de mult ne informează o hartă tradițională?

Așa cum am amintit, o hartă poate fi considerată o structură de date din care se pot extrage anumite informații. Cu cât obținem mai multe informații dintr-o hartă cu atât aceasta este mai utilă. Dacă privim o hartă oarecare vom deosebi două tipuri de informație: una grafică exprimată în puncte, linii și areale simbolizate prin semne convenționale și una alfanumerică (denumiri, numere) pe care de acum le vom numi date atribut. Ca să ne lămurim cât de importante sunt cele două tipuri de date, să ne imaginăm cum ar arăta o reprezentare în care lipsește informația alfanumerică. Cum ar arăta o hartă în care avem poziționate localitățile



și nu avem denumirea acestora? Cum ar arăta rețeaua hidrografică fără să cunoaștem denumirea râului? Din cele de mai sus putem să concluzionăm că cele două structuri trebuie să meargă împreună, una fără alta ar avea ca rezultat o hartă atât de săracă încât ar fi neutilizabilă.

Să presupunem că avem o hartă administrativă cu limitele de județ și de comună plus localitățile (localizate punctiform). În mod obișnuit pe o astfel de hartă apar doar denumirile localităților și a comunelor. Dacă acestea ar conține, alături de denumire și populația totală, evident vom avea niște informații suplimentare destul de precise.

Să presupunem acum că, din anuarul statistic extragem populația implicată în industrie, agricultură și servicii, pe care o vom scrie la fiecare poziție a localității. Este clar că vom avea o hartă care va produce mult mai multă informație. Dar care este prețul plătit pentru atâta informație? Ca să nu mai vorbim de timpul necesar să scriem și să verificăm aceste numere pe hartă. Cel care o va interpreta va fi în situația de a nu mai putea citi harta. Dacă printr-un anumit procedeu am putea elimina unele numere și apoi să le adăugăm la nevoie, atunci această hartă va fi extrem de utilă. GIS poate să facă acest lucru.

Exemplele pot continua și în alte structuri de date. La o rețea hidrografică putem avea: denumire râu, lungime, debit mediu, debit pe sector. La o rețea de drumuri putem avea: tipul drumului (european, județean, local, forestier, potecă), tipul de pavaj (asfalt, pietruit), calitatea (bun, rău), anul ultimei reparații.

Deci la o hartă digitală într-un format GIS vom avea o structură spațială (stratul tematic) și o structură atribut (ce reprezintă entitățile grafice din structura spațială). Prima este un desen, iar atributul este un tabel care se atașează aceluși desen. Cu alte cuvinte o hartă nu este doar un simplu desen ci o combinație dintre acel desen și o tabelă de atribut. Vom spune că avem două structuri legate: o structură spațială (care reprezintă poziționarea în spațiu) și o structură atribut (date alfanumerice atașate). Spațial înseamnă poziționare, în raport cu un sistem de coordonate (unde este) iar atribut înseamnă ce reprezintă acea poziționare (ce este). Putem spune că împreună formează o structură geografică care merg întotdeauna împreună în prelucrări. Acum poate este mai ușor să ne imaginăm de ce un soft de grafică sau CAD, nu este deloc potrivit pentru o structură geografică.

În cartografia tradițională se folosește cuvântul adnotație pentru informația alfanumerică. Pe parcursul acestei cărți vom vedea care este legătura dintre acestea și atribut, adică cum se generează adnotațiile din atribute. Chiar dacă ideea inventării atributelor a pornit de la adnotații, ele au un rol diferit. Noțiunea de adnotație se păstrează în GIS, având aceeași interpretare, dar se stochează în fișiere diferite și are proprietăți diferite.

**Concluzie:** harta (geografic) = spațial + atribut

### 3. De la harta tradițională la stratul tematic

Pentru a înțelege mai bine modul de înregistrare a hărților într-un GIS, să ne imaginăm următorul proces. Considerăm că avem la dispoziție o hartă topografică standard, într-un sistem de proiecție dat și la o scară dată. Luăm o foaie de calc și redesenăm curbele de nivel. Pe o altă foaie de calc vom copia râurile. Vom face același lucru pentru drumuri, căi ferate, vegetație și așezări. Astfel obținem șase foi de calc fiecare conținând un strat tematic: topografia, hidrografia, rețeaua rutieră, rețeaua de căi ferate, vegetația și așezările. Acestea le vom numi hărți tematice sau straturi tematice.

Dacă suprapunem două din aceste straturi (să zicem curbe de nivel și râurile) vom obține o hartă nouă, doar cu aceste elemente. Dacă mai suprapunem și localitățile vom obține o altă hartă cu cele trei elemente. În felul acesta putem să facem combinații de două sau mai

multe straturi, după dorință. Dacă le suprapunem pe toate trebuie să obținem exact harta de la care am plecat.

Să presupunem că avem o hartă geologică a aceluiași areal, la aceeași scară și proiecție. Copiem pe o altă foaie de calc aceste structuri, obținând un strat tematic pe care îl vom numi geologie. Dintr-o altă sursă procurăm o hartă cu limitele administrative. Copiem pe altă foaie de calc limitele administrative. În mod asemănător vom proceda dacă obținem o hartă a solurilor. Am mai obținut încă trei straturi având un total de nouă. Aceste nouă straturi tematice le putem suprapune în orice combinație obținând tot felul de hărți noi, care în mod tradițional (pe suport de hârtie) s-ar putea să nu existe (cum e cazul hărților geologice sau pedologice). Procedul poate continua pentru orice fel de hărți de interes cum ar fi: zone inundabile, bazine hidrografice, alunecări de teren, etc.

Dacă ne imaginăm că toate aceste straturi sunt stocate undeva pe discul unui calculator și putem face combinații, după propria dorință sau pentru un scop precizat, într-un mod interactiv, rezultatul va fi net superior procesului manual descris mai sus. În GIS aceste hărți sunt stocate în acest fel, adică pe straturi tematice, dar în GIS problema e oarecum inversă: harta este formată din combinații de straturi tematice. Nu mai trebuie să comentăm faptul că și stratul tematic este asociat cu informații alfanumerice.

Acesta este al doilea grad de abstractizare.

#### 4. Grade de abstractizare

La începutul capitolului am amintit faptul că prin realizarea unei hărți am trecut la primul grad de abstractizare. După ce am descompus harta în straturi tematice, cum ar fi rețeaua hidrografică, topografie etc. spunem că am trecut la următorul nivel de abstractizare. La acest nivel rețeaua hidrografică întotdeauna se deosebește clar de rețeaua de căi ferate. De asemenea solurile se vor deosebi de suprafețele împădurite. **Al treilea grad de abstractizare** va fi generat de asocierea hărții tematice cu primitive grafice, adică puncte, linii și poligoane. Un strat punct poate fi orice structură spațială în care ne interesează doar poziția. De exemplu, localitățile sunt un strat punct atunci când sunt pe o hartă la scară mică (1:1000000) și pot fi poligoane la scară mare (1:50000). Cotele unor culmi sunt întotdeauna puncte. Rețeaua hidrografică este compusă din linii. La fel este și rețeaua rutieră sau rețeaua de căi ferate. La acest grad de abstractizare rețeaua hidrografică nu se mai deosebește de rețeaua de căi ferate, ambele fiind straturi linie. Diferența ne este dată de tabelul de atribut. La fel se întâmplă și cu stratul de soluri și suprafețele împădurite. Acest grad de abstractizare îl putem numi forma geometrică (sau geometria).

**Al patrulea grad de abstractizare** este formatul fișierului în care se stochează pe disc. Aceste tabele conțin coordonatele și sunt „legate” de un tabel care conține datele alfanumerice. Este simplu să ne imaginăm cum un tabel poate fi stocat ca un simplu fișier pe disc. Orice limbaj de programare (BASIC, PASCAL, C) realizează prin instrucțiunile sale operația de creare a unui tabel. Rezultatul va fi un fișier în sistem de codificare propriu limbajului sau în cod ASCII. În cazul structurilor de date ESRI avem shapefile, coverage sau geodatabase, care vor fi abordate mai târziu.

Deocamdată să rămânem la ideea că un limbaj de programare oferă instrucțiunile de creare, citire și prelucrare a tabelelor. Această idee va fi reluată în capitolul următor.

**Al cincilea grad de abstractizare** este stocarea propriu-zisă pe un disc în reprezentare binară, situație în care nici utilizatorul nici programatorul nu mai are acces; acest lucru este controlat de limbaj (soft) și de sistemul de operare.

**Rezumat.** Gradele de abstractizare sunt: (1) harta, (2) stratul tematic, (3) forma geometrică, (4) formatul fișierului, (5) cod binar.



## 5. Ce înseamnă o prelucrare pe hartă ?

Respect pentru oameni și cărți

Dacă până acum am văzut cum ar trebui să fie organizate hărțile pe disc pentru a obține direct informații de la acestea, să trecem la pasul următor și anume la prelucrarea pe hărți. Cuvântul prelucrării este rareori folosit de geografi. Deoarece acest gen de acțiune reprezintă partea principală a GIS, îl vom folosi foarte des. Termenul sinonim este procesarea (de la processing). În anumite softuri GIS procesarea hărților este înlocuită cu denumirea de analiză. Noi vom evita acest cuvânt deoarece în literatura informatică românească are o altă conotație, așa cum vom vedea.

În linii mari prelucrarea hărților înseamnă aplicarea unor operații pe acestea, compatibile cu structurile spațiale pe care se fac. Operațiile sunt materializate prin comenzi care se regăsesc fie în butoane, fie în meniuri. La nivel fizic aceste comenzi sunt programe.

Să ne imaginăm că avem o hartă administrativă (la nivel de județ) și dorim să obținem o altă hartă care prin culori sau hașuri să înfățișeze structura populației. Nu ne interesează exact, ci doar pe niște domenii, cu alte cuvinte dorim o hartă clasificată după populație. Dacă acest lucru l-am face normal am avea nevoie de o hartă pe hârtie în care să avem doar contururile județelor și de anuarul statistic unde se găsesc datele numerice privitoare la populație. Vom hotărî câte clase dorim, domeniul lor și apoi facem o analiză a fiecărui județ de care clasă aparține. Vom colora harta cu culorile pe care le-am stabilit. Ceea ce am făcut se numește o prelucrare pe hartă. Desigur este o prelucrare simplă.

Dacă pe un calculator am avea stocat stratul tematic privitor la limitele de județ împreună cu tabele de atribut aferente conținând populația, atunci cu un program specific putem să facem acest lucru automat. Dacă acest program l-am încorpora în GIS am avea o comandă care să realizeze acest lucru. Când facem o clasificare în GIS acționând comanda, suntem puși într-un dialog de genul următor: care este stratul tematic de clasificat, numărul de clase, metoda de clasificare, câmpul după care se face acea clasificare (în cazul nostru populație) ce culori/hașuri dorim să folosim etc. Acest gen de prelucrare se face de regulă în maximum 2 minute și se poate reveni în orice etapă. Imaginați-vă cât ar dura acest lucru dacă s-ar face manual!

În multe probleme de geomorfologie este nevoie de harta pantelor. Orice geomorfolog care a făcut o astfel de hartă (manual), chiar pe o suprafață mică, are un singur gând: să nu mai facă niciodată ceva asemănător. Dacă același lucru l-a făcut cu un soft GIS poate să aprecieze rapiditatea cu care face GIS acest lucru (câteva secunde, în funcție de mărimea arealului). Sigur că se presupune că avem deja creat modelul digital de elevație. Același lucru se poate spune și despre harta expoziției, a cărui timp de execuție e cam tot atât. Dacă avem mai multe puncte în care se cunoaște temperatura și dorim să obținem o hartă de izolinii, acest lucru se face printr-un procedeu de interpolare (calcul), tot într-un timp foarte scurt. Izoliniile delimitează clar două areale (nu avem valori intermediare), ceea ce nu este tocmai realist. Ar fi mult mai sugestiv să avem o suprafață formată numai din puncte, unul lângă altul, și să avem valori definite în fiecare punct (metodele de interpolare permit acest lucru). Similar, curbele de nivel de pe o hartă topo nu conțin (n-au cum) valori intermediare. Acest lucru sugerează faptul că reprezentarea unei astfel de structuri (care este o suprafață) ar trebui făcută altfel. Anticipăm că o astfel de structură conduce la o reprezentare raster.

O altă problemă este integrarea hărților la scări diferite. Să presupunem că avem o hartă la scara 1:5000 și un plan la 1:1000 care reprezintă un areal mult mai detaliat. Dacă aceste două structuri au același sistem de coordonate, putem suprapune harta la scară mare peste harta la scară mică, obținând o altă structură. În plus, cele două hărți rămân intacte.



Deși putem da multe alte exemple ne vom opri aici, scopul rândurilor de față este doar de a scoate în evidență eficiența prelucrărilor pe hartă oferite de GIS.

## 6. Sisteme de reprezentare ale hărților și ale straturilor tematice

### 6.1. Sistemul de reprezentare vectorial

Din cele expuse mai sus putem concluziona că orice hartă tradițională poate fi formată din puncte, linii și areale (pe care le numim de acum poligoane). Adică cu aceste elemente putem desena orice hartă.

Această manieră de reprezentare internă se numește *sistem de reprezentare vectorială*. Numele vine de la noțiunea de vector din matematică și mecanică, care este o entitate grafică caracterizată prin punct de aplicație, mărime, direcție și sens. Astfel o linie este formată din segmente, fiecare segment având o origine (punct de aplicație) o direcție (unde e orientată) și un sens (dat de direcția de digitizare). În mod firesc reprezentarea vectorială trebuie să fie asociată cu un anumit sistem de coordonate. Toate aceste caracteristici se reflectă în structura vectorială GIS, după cum vom vedea mai departe.

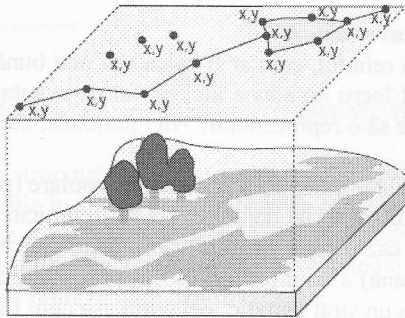


Figura 1

*O suprafață reală și corespondența vectorială (după Albrecht, 2007)*

O privire mai atentă asupra unei hărți, ne va sugera faptul că entitățile spațiale sunt compuse din puncte, linii, semne convenționale și adnotații. Punctele sunt cele mai simple obiecte și reprezintă o poziționare în spațiu a unei entități (oraș, izvor, clădire). Liniile, în schimb, se pot prezenta sub diferite forme: ape, șosele, curbe de nivel, suprafețe împădurite etc. Pentru a deosebi liniile asociate cu anumite calități se folosesc culori. Dacă o linie se închide, aceasta determină o suprafață cu o caracteristică omogenă (cum ar fi zona împădurită) și pentru identificarea mai rapidă a acestor suprafețe se folosesc de asemenea culori. Funcție de necesități se folosesc semne convenționale (orașe, pădure de fag, de brad, râuri). Faptul că o linie se închide ne determină să o deosebim de o linie care nu se închide, așa cum deosebim un râu de o suprafață împădurită. Excepție face o curbă de nivel, care este materializată tot printr-o linie închisă, dar care are altă conotație. Acestei linii închise i se conferă o altă calitate, anume de cea a unei suprafețe. În consecință vom deosebi trei structuri diferite: **punct**, **linie** și **poligon**.

În fig. 1 am înfățișat un model „real” (al unui teritoriu), în partea de jos și un model abstract simbolizat prin puncte, linie și poligon. Fiecare punct trebuie să fie poziționat într-un anumit sistem de coordonate, subiect care va fi abordat mai târziu (în capitolul următor). De

aceea apar cu coordonatele  $(x,y)$ . Aceasta poate fi prima imagine în care este redat gradul de abstractizare de la real la puncte, linii și poligoane (fig. 1). Următorul nivel de abstractizare face abstracție de teritoriul (fig. 2)

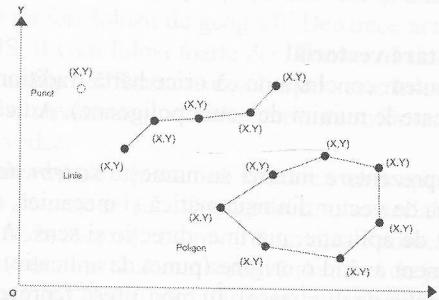


Figura 2

*Al treilea grad de abstractizare (punct linie, poligon)*

## 6.2. Sistemul de reprezentare raster

Dacă dorim să reprezentăm relieful, care ar fi calea cea mai bună? Prin curbe de nivel ca și în sistem tradițional? Acest lucru nu aduce nici un fel de avantaj. Dacă am generat o hartă de pante, cum ar fi mai bine să o reprezentăm? Nici punctele, nici poligoanele nu sunt satisfăcătoare!

Dacă avem o hartă obținută printr-un proces de interpolare (precipitații, temperatură, relief) este suficient să avem contururile de valori precis delimitate? Nu există o variație de la un punct la altul? În acest caz o reprezentare prin puncte cum va arăta? Dar dacă avem o imagine (satelitară sau aeriană) a unui teritoriu, ce reprezentare are? Nu prea seamănă cu o hartă tradițională! Și nici cu un strat tematic, cel puțin așa cum l-am conceput mai sus.

Din întrebările pe care le-am pus, putem să spunem că sistemul vector nu este satisfăcător în anumite genuri de reprezentări, astfel că trebuie imaginat un alt sistem care să rezolve situațiile prezentate, dar într-o manieră acceptabilă. În consecință, sistemul vector nu trebuie să fie singurul mod de reprezentare a datelor spațiale.

Dacă privim cu atenție (de preferat cu o lupă) monitorul unui calculator vom vedea că acesta este alcătuit din niște celule (pixeli) așezați pe linie și pe coloană, care formează texte, pictograme sau grafice. Această imagine se formează în memoria RAM VIDEO (controlată de adaptorul grafic), fiecare pixel fiind asociat cu un număr (în acest caz în cod binar) și căruia îi corespunde o culoare pe ecran. De fapt afișarea color este o problemă ceva mai complicată, așa că îi vom rezerva un spațiu separat. Deocamdată, pentru fixarea ideilor să considerăm că avem doar o imagine alb/negru, adică avem nuanțe de gri.

Aceste grupuri de celule (pixeli) pot fi imaginate ca un tabel bidimensional reprezentabil pe ecran. Entitățile grafice se identifică prin ansamblul de celule cu aceeași caracteristică (culoare sau nuanță de gri). Deoarece harta este compusă din entități grafice, și acest sistem se pretează în reprezentarea digitală a lor. Această manieră de reprezentare a unei hărți se numește **sistem raster**. Pe acest principiu se bazează și procesul de scanare, realizarea de fotografii digitale, înregistrarea imaginilor preluate prin teledetecție etc.

Fiecare celulă este asociată cu o culoare sau nuanță de gri. Pentru o hartă interactivă această asociere trebuie să fie dinamică. În sensul că în orice moment utilizatorul să poată schimba culorile. Cel mai simplu mod de a realiza acest lucru este ca fiecărei celule să i se



atribuie un număr și apoi acest număr să fie asociat cu o culoare, într-un mod arbitrar, adică după dorințele utilizatorului. ăărți

Acest sistem total diferit nu a fost inventat pentru a înlocui sistemul vector, ci pentru a reprezenta anumite tipuri de hărți (date spațiale) care se pretează mai ușor la acest mod. Putem spune că reprezentarea raster completează ceea ce sistemul vector nu poate face (sau face într-o manieră necorespunzătoare).

În fig. 3 am înfățișat o reprezentare a reliefului printr-un raster. Se observă că fiecare celulă are o valoare care aici reprezintă altitudinea. Această valoare poate să fie întregă sau reală.

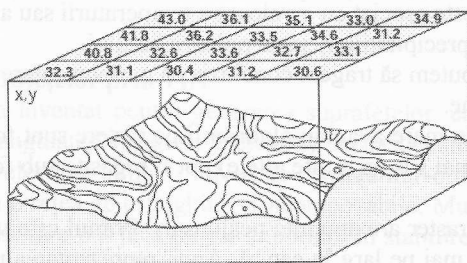


Figura 3

*Reprezentarea terenului pe un model digital de elevație în spațiu bidimensional*

În fig. 4 am înfățișat o structură tridimensională a reliefului. Aici se vede destul de clar că fiecare celulă are o poziție în spațiu care reprezintă altitudinea. Sigur că pentru o afișare de acest gen este nevoie de o aplicație specială. Aici am vrut doar să sugerez modul în care se poate comporta o suprafață care reprezintă relieful într-un raster. Menționez faptul că mai există și alte sisteme de reprezentare pentru elevație.

Și acum să revenim la întrebările puse la începutul acestui paragraf. Reprezentarea reliefului este mult mai sugestivă ca să fie înfățișată în format raster. Acum fiecare celulă (pixel) va avea o valoare (a cotei punctului respectiv) cu un corespondent de culoare (nuață de gri) pe ecran. Acest gen de reprezentare sugerează o suprafață continuă. Chiar dacă din punct de vedere matematic (unde noțiunea de continuitate are o definiție foarte clară și se bazează pe un proces de trecere la limită, adică infinit) nu este corect, în literatura GIS se acceptă că rasterul reprezintă suprafețe continue în cazul în care valorile celulelor sunt reale.

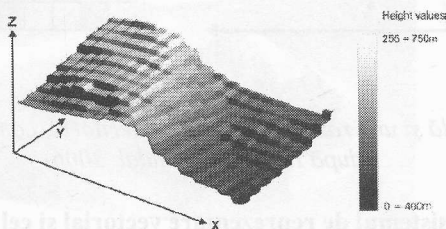


Figura 4

*O ilustrare a unui model digital de elevație într-o structură raster tridimensională (după Liu, Masson, 2009)*



Să trecem la următoarea chestiune. Panta se calculează pe baza a două puncte de altitudine cunoscută (deocamdată acceptăm această situație) și se evaluează tangenta unghiului determinat de distanța dintre puncte și diferența de cote ale acelor puncte. Rezultatul este o valoare numerică care se atribuie unui mic areal (care formează triunghiul). Acesta poate fi mare (și atunci harta de pante e destul de aproximativă) sau mic, practic reducându-se la un pixel. Și atunci vom obține o hartă a pantelor extrem de detaliată. Putem concluziona că o reprezentare raster este cea mai potrivită pentru o hartă de pante. Aceeași problemă se pune și se rezolvă (sigur după alte formule) și în cazul orientării versanților (aspectului).

Acum să ne imaginăm că reprezentarea temperaturilor sau a precipitațiilor la nivel de pixel este cea mai bună reprezentare. Nu discutăm aici cum se obține o astfel de structură, ci doar că fiecare pixel este asociat cu o valoare a temperaturii sau a precipitațiilor. La fel se poate imagina o hartă a precipitațiilor, sau a poluării aerului.

Din cele prezentate putem să tragem concluzia că o reprezentare raster este mai potrivită pentru astfel de fenomene.

Sistemul raster are un mare avantaj: algoritmi pe rastere sunt foarte ușor de implementat. Adică operațiile de mai sus (și multe altele) pot fi regăsite sub formă de comenzi în majoritatea softurilor GIS.

Sigur că și sistemul raster are anumite neajunsuri. Primul este volumul de date. Despre acest lucru vom discuta mai pe larg în cap. 4. Apoi, reprezentarea punctelor și a liniilor nu este potrivită pentru sistemul raster. În anumite procese de modelare conversia din vector în raster a tuturor structurilor (puncte, linii, poligoane) este absolut necesară. Vizualizarea lor însă poate fi uneori imposibil de făcut.

Din punct de vedere al organizării datelor spațiale o structură raster este privită ca un strat tematic.

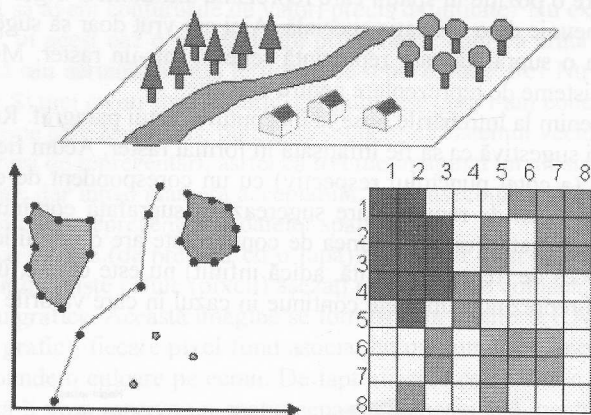


Figura 5

*O structură vectorială și una raster ale aceluiași teritoriu, comparativ cu lumea reală (după Hansen, Grondal, 2006)*

### 6.3. Comparație între sistemul de reprezentare vectorial și cel raster

Și acum să facem o comparație între cele două sisteme. Cuvântul comparație nu este tocmai potrivit deoarece din punct de vedere structural ele sunt incomparabile. Se poate compara doar modul de reprezentare a suprafeței terestre. Adică cât de bine reprezintă acea suprafață, ce informații aduce fiecare, ce prelucrări se pot face pe ele și ce informații se pot obține