

Geographical data management in GIS systems

Managementul datelor geografice în sistemele GIS

Reader Liliana DOBRICĂ, Ph.D.

University Politehnica from Bucharest, Romania
e-mail: liliana@aii.pub.ro

Professor Sofia Elena COLESCA, Ph.D.

The Bucharest Academy of Economic Studies,
Romania
e-mail: e_colesca@yahoo.com

Abstract

By the specific data and functions the geographic information system is an indispensable tool used in urban management from the perspective of a decision support system. Processing and synthesizing information from the spatial database provides necessary indices and indicators for understanding urban situation, which in relation with analysis and simulation applications give support for a short, medium and long term urban planning, and at the same time allows useful spatial views for understanding by the urban non-specialists of the necessary spatial elements for decision-making process.

Keywords: *GIS, spatial planning, simulation applications*

Rezumat

Prin datele și funcțiile specifice sistemul informatic geografic, este un instrument indispensabil în managementul urban din perspectiva unui sistem decizional suport. Prelucrarea și sintetizarea informațiilor din baza de date spațială oferă indici și indicatori urbani necesari înțelegerii situației existente care, cumulați cu aplicații de analiză și simulare, oferă suport planificării urbane pe termen scurt, mediu și lung, și permit în același timp vizualizări spațiale utile pentru înțelegerea de către nespecialiști în urbanism a unor elemente spațiale necesare luării deciziilor.

Cuvinte-cheie: *GIS, planificare spațială, aplicații de simulare*

JEL Classification: L86, M15

Definirea sistemului informatic geografic (GIS)

Sistemul informatic geografic se poate defini ca un sistem informatic utilizat pentru colectarea, stocarea, interogarea, transformarea și afișarea datelor spațiale (Chrisman, 1997). Practic un sistem informatic geografic înglobează date variate despre mediul înconjurător. Datele spațiale sunt informații despre forma, locația, relațiile geografice între entități și atribute ale acestora. Aceste date se stochează în formate diferite în funcție de tipul informației. Pot exista astfel hărți sub formă de imagini fotografiate sau scanate numite raster sau pot fi date de tip vector care sunt reprezentate într-un sistem de coordonate cartezian. Pentru a doua variantă fiecare entitate are un identificator și fiecare atribut al unei entități are coordonate carteziane. Bazele de date stochează atributele aferente unui vector sau entități.

Hărțile utilizabile în cazul sistemelor informatice geografice (GIS) se recomandă a fi predominant sub formă de baze de date spațiale care trebuie să respecte anumite restricții printre care pot fi menționate restricțiile de integritate topologică, geometrică, și restricțiile tradiționale asupra bazelor de date (ESRI, 2007).

Sistemul informatic geografic, prin datele și funcțiile specifice este un instrument indispensabil în managementul urban din perspectiva unui sistem-suport decizional (Longley, Goodchils, Maguire și Rhind, 2001). Prelucrarea și sintetizarea informațiilor din baza de date spațială oferă indici și indicatori urbani necesari înțelegerii situației existente care, cumulată cu aplicații de analiză și simulare, oferă suport planificării urbane pe termen scurt, mediu și lung, și permite în același timp vizualizări spațiale utile pentru înțelegerea de către nespecialiști în urbanism a unor elemente spațiale necesare luării deciziilor.

Managementul datelor geografice în sistemele GIS

Definirea datelor GIS

Datele GIS sunt reprezentarea numerică – sau modelul – pentru caracteristici sau fenomene ce au loc pe sau în apropierea suprafeței pământului. Aceste date se pot referi la următoarele tipuri de informații:

- un obiect fizic – natural sau artificial. Unele obiecte sunt statice, în timp ce altele sunt mobile (camion sau animal cu un transmițător radio);
- un obiect definit care nu este în mod necesar vizibil pe pământ, dar care poate fi afișat pe o hartă (suprafețe definite prin marginile lor);
- evenimente ce au loc în perioade scurte de timp (ex. cutremure, accidente);
- locație (o adresă pe o stradă);
- rețea spațială ce reprezintă legături dintre obiecte sau evenimente. Rețeaua este definită deasupra altor obiecte grafice. Ex. traseul unui autobuz este definit dintr-un set de trasee și stații, care sunt și ele caracteristici geografice.
- un fenomen ce poate fi măsurat în orice locație dată (elevația, umiditatea solului, concentrația de ozon din aer).

Toate aceste entități geografice au în comun o locație ce poate fi captată și memorată și atributele care o descriu. Prin asocierea locației unui obiect cu atributele sale se pot crea hărți variate, se pot efectua interogări spațiale sau analize ce iau în considerare relațiile spațiale dintre obiecte.

Reprezentarea entităților geografice se poate face prin forme geometrice (clase de caracteristici) sau prin valori ale celulelor (raster). Pentru clasele caracteristici, reprezentările tipice sunt puncte, linii, poligoane. Acestea sunt memorate prin perechi de coordonate ce se referă la locații pe suprafața pământului. O linie sau un poligon pot fi reprezentate prin serii de perechi de coordonate ce sunt conectate pentru a desena o dată dintr-o caracteristică. Prin aceasta abordare, caracteristicile sunt obiecte discrete pe suprafața pământului și această reprezentare este numită *reprezentare vectorială*.

În contrast, datele *raster* sunt caracteristici geografice obținute prin împărțirea globului pământesc în elemente discrete sau celule rectangulare dintr-o grilă. Fiecare celulă descrie fenomenul observat. De exemplu, valorile celulelor dintr-un raster de vegetație reprezintă tipul de vegetație dominantă din fiecare celulă. Valorile celulelor pot fi și orice valoare măsurată sau calculată, elevație, pantă, temperatură, etc.). Caracteristicile de același tip dintr-o anumită suprafață sunt stocate într-un singur set de date. Seturile de date sunt colecții omogene de elemente geografice. Străzile dintr-un oraș, zonele funcționale, populația, clădirile, etc. Diferitele seturi de date sunt afișate prin straturi de informații pentru un loc anume (Figura 1).

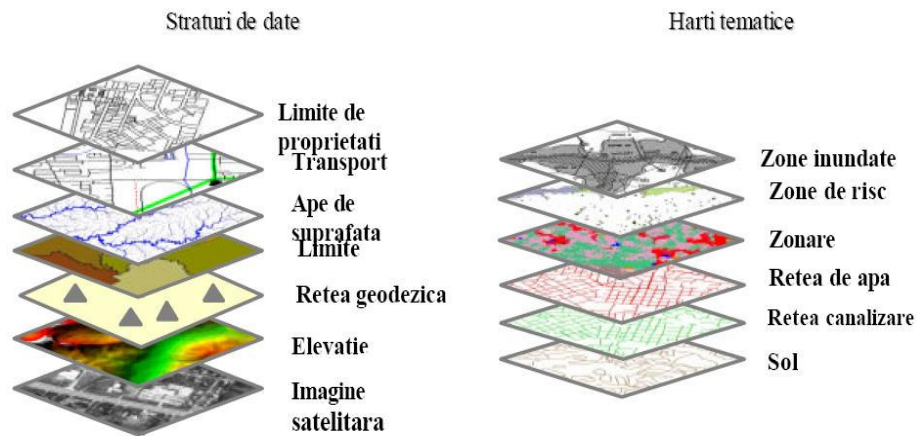


Figura 1. Stratificarea informațiilor.

Procesul de georeferențiere

Un concept cheie al datelor GIS este acela că seturile de date geografice reprezintă locații pe sau în apropierea suprafeței pământului. Din cauza că datele sunt strâns legate de o locație reală de pe suprafața pământului ele trebuie să aibă un sistem de referință în care să se încadreze. Seturile de date sunt memorate folosind coordonate ce corespund poziției pe suprafața pământului. Coordonatele reprezintă cu precizie aceste poziții pentru a se asigura că formele fiecărei caracteristici și relațiile cu alte caracteristici reflectă condițiile reale de pe pământ.

Descrierea locațiilor corecte din lumea reală ale fiecărei caracteristici se realizează printr-un proces special. Acest proces se numește *proces de georeferențiere* și se realizează

prin specificarea unui sistem de coordonate pentru setul de date (Lisboa, Iochpe și Borges, 2002).

Georeferențierea permite afișarea într-o singură hartă a mai multor seturi de date diferite – provenite de la surse diferite – care sunt înregistrate corect, sau combinarea seturilor de date ce reprezintă informații despre aceeași locație pentru a deriva noi date și informații.

Fiecare set de date GIS are un set de proprietăți care definește sistemul de coordonate. Un sistem de coordonate pentru descrierea poziției unei locații geografice pe suprafața pământului folosește măsuri sferice *latitudine* și *longitudine*. Latitudinea și longitudinea sunt măsuri ale unghiurilor (în grade) de la centrul pământului la un punct pe suprafața pământului. Acest sistem de referință este *sistemul de coordonate geografice*. Sistemul de coordonate (latitudine, longitudine) nu permite măsurarea cu precizie a distanțelor și suprafețelor sau afișarea cu ușurință pe un ecran plan sau pe o hârtie. *Sistemul de coordonate proiectate* se obține prin transformarea coordonatelor sferice în coordonate plane. Sistemele de coordonate proiectate folosesc două axe de coordonate Carteziene (x-orizontal și reprezintă est-vest, y-vertical ce reprezintă nord-sud). Coordonatele fiecărei caracteristici sunt stocate în unități geografice, Astfel punctele sunt stocate prin perechi (x,y), liniile prin serii de perechi (x,y) ce definesc forma unei linii și la fel pentru poligoane. Pentru seturile de date raster, coordonatele colțului stânga sus sau jos sunt memorate împreună cu dimensiunea celulei.

Figura 2 descrie utilizarea procesului de georeferențiere. Informația de tip raster este obținută prin intermediul scanării hărților sau scanarea fotografiilor aeriene și din satelit. Astfel de hărți scanate nu conțin informații despre locul unde se află pe Terra o anumită locație (ex. o imagine *ct_harta.jpg*). De obicei informația de localizare obținută prin aceste metode este de multe ori imprecisă și nu este utilă la realizarea unei analize în legătură cu alte date. Pentru a realiza o legătură între o imagine (linie, coloană) și o coordonată în sistem (x,y) este necesar să ne aliniem la o referință geografică.

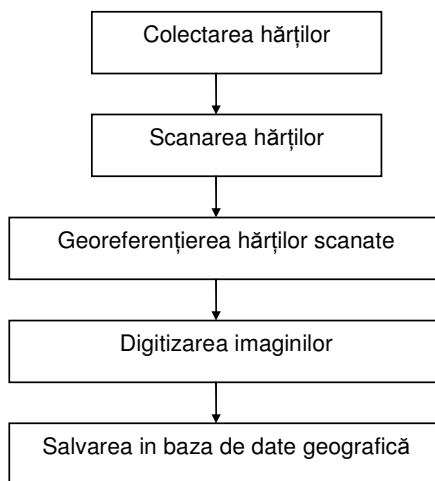


Figura 2. Utilizarea procesului de georeferențiere.

Digitizarea este procesul de codificare a caracteristicilor geografice în formă digitală de tip coordonate (x,y). Digitizarea este realizată pentru crearea de informații spațiale din hărțile și documentele deja existente. Prin digitizare, rețeaua de străzi este codificată sub formă de linii, lacurile, râurile, parcurile sunt sub formă de poligoane, iar instituțiile, intersecțiile, toate punctele de interes sunt codificate sub formă de puncte. Datele spațiale obținute prin digitizare sunt salvate în baza de date în tabelele reprezentative. Toată informația necesară pentru fiecare caracteristică în parte este introdusă în atributul de temă din baza de date, putând astfel să fie analizate și la un alt moment de timp. Acest lucru este realizat prin introducerea de linii în fiecare tabelă de date asociată caracteristicii corespunzătoare.



Figura 3. Georeferențierea datelor raster dintr-o imagine ct_harta.jpg.

Particularități ale bazelor de date tip geodatabase

O geodatabase este un format pentru stocarea setului de date și o modalitate de organizare a relațiilor dintre seturile de date. Avantajele utilizării de acestui tip de baze de date geo sunt (Johanneson și Wohed, 1999):

- Există instrumente prin care pot fi specificate reguli și se pot crea seturi de date specializate care simulează comportamente ale entităților geografice. De exemplu, putem menționa crearea unei rețele geometrice care să modeleze fluxul de apă dintr-un sistem de conducte și valve.
- Geodatabase poate crea o structură ce asigură relații între seturi de date explicite și întreținute.

- Există instrumente prin care se pot stabili reguli care să asigure integritatea datelor. Putem exemplifica prin definirea unei reguli ce impune ca marginile unei parcele să nu fie traversate.
- Relațiile dintre seturile de date relaționale pot fi gestionate mai bine într-un mod unitar.

Tipurile de geodatabase pot fi: fișier cu un format special de tip geodatabase ce are extensia .gdb sau fișier personal geodatabase (Figura 4). Cele două tipuri sunt utilizate de una sau mai multe persoane (editare de către un singur utilizator și citiri multiple). Modelul informatic suportat este complet și include topologii, cataloage raster, network datasets, address locators etc. Personal geodatabase folosește structura fișierului de date din Access (fișier .mdb). Mai există și geodatabases destinate a fi accesate și editate simultan de mai mulți utilizatori.

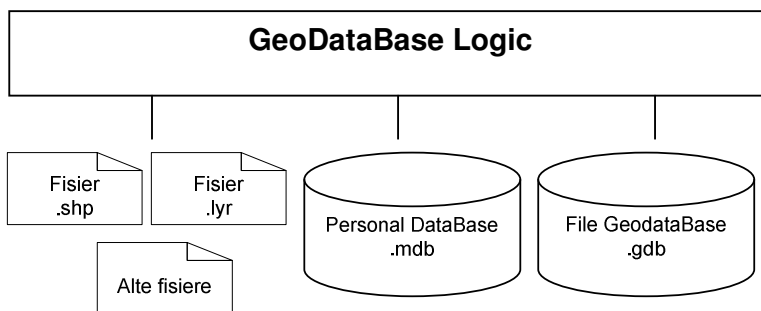


Figura 4. Tipuri de fișiere cu informații geografice.

Descrierea reprezentării modelului informatic specific GIS

Reprezentarea modelului informatic specific GIS folosește tipuri de seturi de date de bază și seturi de date specializate. Descriem în această secțiune noțiunile frecvent utilizate la implementarea într-un mediu de dezvoltare GIS. Tipurile de date ce pot fi vizualizate și analizate sunt: (1) datele stocate în diferite modele de date: vector, raster, TIN; (2) date din diferite formate de fișiere: clase de caracteristici, shapefiles, coverages; (3) prin importarea altor tipuri de date (.bmp, .jpg etc.), fișiere CAD, alte formate de date geografice (DLG sau TIGER); (4) tabele din Excel.

Într-un mediu de implementare pentru un proiect se definește un spațiu de lucru, workspace, unde datele geografice sunt organizate. Un workspace, prin definiție, este orice director ce conține datele GIS existente sau create în timpul prelucrării. Într-un workspace pot exista fișiere ce reprezintă: (1) o singură clasă de caracteristici dintr-o geodatabase sau mai multe seturi de date dintr-o geodatabase; (2) un fișier layer (.lyr) sau set de date de tip coverage sau de tip shapefile (.shp); (3) o imagine raster (fișier .img) sau un document ArcScene (.sxd); (4) un document ArcMap (.mxd); (5) tabelă de date (.dbf).

Tipuri de seturi de date de baza. Acestea pot fi: clasele de caracteristici, seturile de date de tip raster și tabele de atribute (ESRI, 2006).

- *Clasele de caracteristici* sunt colecții omogene de caracteristici comune cu aceeași reprezentare spațială, puncte, linii sau poligoane și un set comun de coloane de atribute. Acestea sunt similare cu shapefiles sau coverages în sensul că reprezintă caracteristicile geografice prin puncte, linii și poligoane.
- Seturile de date de tip *raster* sunt folosite pentru reprezentarea și gestiunea imaginilor, modelelor digitale și a altor fenomene spațiale de tip continuu.
- *Tabelele de atribute* sunt utilizate pentru stocarea tuturor proprietăților obiectelor geografice. Aceasta include păstrarea și gestiunea geometriei unei caracteristici în coloana “*Shape*” a tabeli.

Seturile de date de bază se pot extinde la alte tipuri de seturi de date specializate pentru a păstra integritatea și a gestiona relațiile între caracteristicile geografice și tabelele de atribute. Integritatea datelor spațiale se realizează cu seturile de date pentru caracteristici, topologii și domeniile atributelor.

- *Set de date pentru caracteristici*. Un set de date pentru caracteristici este un element specific dintr-o geodatabase care păstrează una sau mai multe clase de caracteristici. Când se definește un set de date pentru caracteristici se specifică și sistemul de coordonate. Clasele de caracteristici trebuie să aibă același sistem de coordonate pentru a fi înregistrate corect.
- *Topologie*. O topologie este un set de reguli care definesc relațiile spațiale între caracteristici adiacente sau conectate dintr-o clasă de caracteristici. Topologiile sunt create în seturile de date pentru caracteristici. Integritatea atributelor datelor este asigurată prin domenii și subtipuri.
- *Domeniul unui atribut*. Domeniile atributelor sunt utilizate pentru a specifica o listă de valori sau domenii de valori numerice pentru atribute. În acest fel numai valorile valide ale atributelor sunt asigurate caracteristicilor evitându-se în acest fel greșelile. Subtipurile specifică valori implicite ale atributelor.

Relațiile dintre caracteristici și tabelele de atribute se stabilesc prin clase de relații care permit utilizarea unor chei comune. De exemplu, se poate construi o clasă de relații între o clasă de caracteristici pentru parcele și o tabelă de proprietari de parcele. Informațiile despre proprietarul de parcele sunt stocate într-o tabelă separată pentru eficiență (unii proprietari pot avea mai multe parcele; dacă este necesară actualizarea informațiilor se va edita o singură înregistrare).

Seturile de date specializate pot fi network data set, geometric network, address locator sau linear referencing (ESRI, 2006).

- Network data set – Acest tip de date specializat este utilizat pentru modelarea conectivității și a fluxului într-o rețea de transport (drumuri sau căi ferate);
- Geometric network – Acest tip de date este utilizat pentru modelarea unei rețele de utilități – electricitate, apă sau telecomunicații;
- Address Locator – Acest tip de date permite asignarea de locații unui set de adrese de strazi;
- Linear Referencing – Acest tip de date permite localizarea evenimentelor pentru caracteristicile liniare cu măsurători.

Descrierea elementelor de control al prezentării hărților dintr-un mediu de lucru cu datele geografice

Un mediu de lucru cu datele geografice stocate într-o baza de date realizează în principal afișarea și manipularea datelor geografice pentru realizarea de hărți, interogări, selecții și editări. În continuare sunt descrise elementele principale.

Map. Harta este un document de tip map. Un document map este format din frame-uri de date, layer-e, simboluri, etichete și obiecte grafice. Un document map este un fișier cu extensia .mxd stocat pe harddisk. Frame-ul de date este un container din documentul map care păstrează datele. Orice document map are un singur frame de date numit Layers. Documentele map complexe pot avea mai multe frame-uri de date. Data frame-urile sunt un mijloc de grupare a datelor într-un document map, dar oferă posibilitatea prezentării mai multor hărți pe o singură pagină. Se reprezintă astfel o singură suprafață a pământului din mai multe perspective.

Layer. Un frame de date conține unul sau mai multe layer-e ce se pot crea prin adăugarea de seturi de date la un document map. Fiecare set de date conține caracteristici geografice de același tip – un layer pentru drumuri, un layer pentru râuri etc. Un layer conține informația despre cum se afișează setul de date și nu datele propriu-zise. Astfel un layer are o referință la un set de date atunci când este stocat pe harddisk și nu trebuie copiate datele în fiecare document map la care este adăugat un set de date. Orice modificare în setul de date va fi afișată în layer-ul creat din acel set de date.

Dintr-un singur set de date pot fi create oricâte layere se dorește. De asemenea pot fi create layere care să conțină subseturi de caracteristici geografice ale unui set de date. De exemplu, dintr-un layer de drumuri se pot selecta autostrăzile pentru a crea un layer care să le arate doar pe acestea.

Un layer (Figura 5) dintr-un document map poate fi salvat într-un fișier cu extensia (.lyr) și poate fi adăugat altor documente de tip map. Un fișier layer păstrează numele și locația setului de date și simbolurile pentru desenare. Adăugarea unui fișier layer la un document map se prezintă la fel ca în documentul map din care a fost creat. Pentru a crea noi seturi de date orice layer dintr-un document map poate fi exportat. Noul set de date conține datele GIS fără setările de simboluri. Layer-ele au o tabela de attribute asociată care conține informații descriptive ale caracteristicilor din layer.

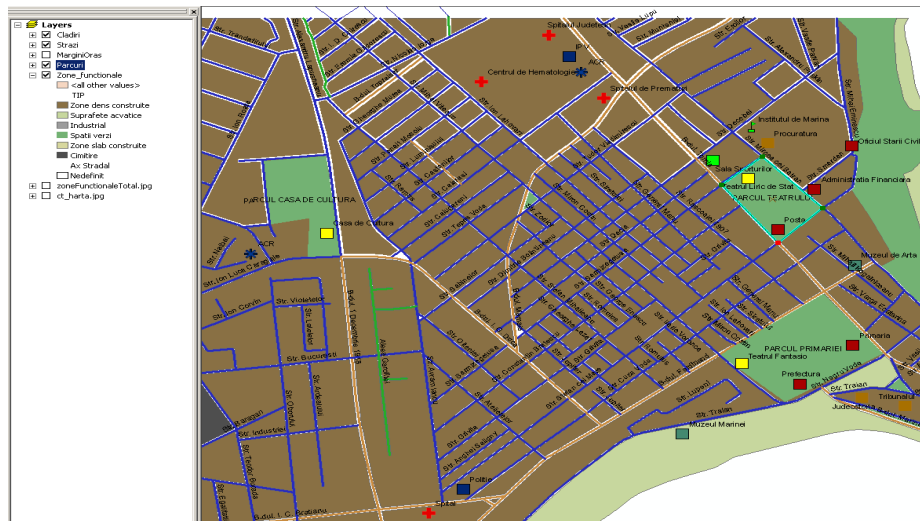


Figura 5. Afișarea unui document map ce prezintă mai multe caracteristici geografice

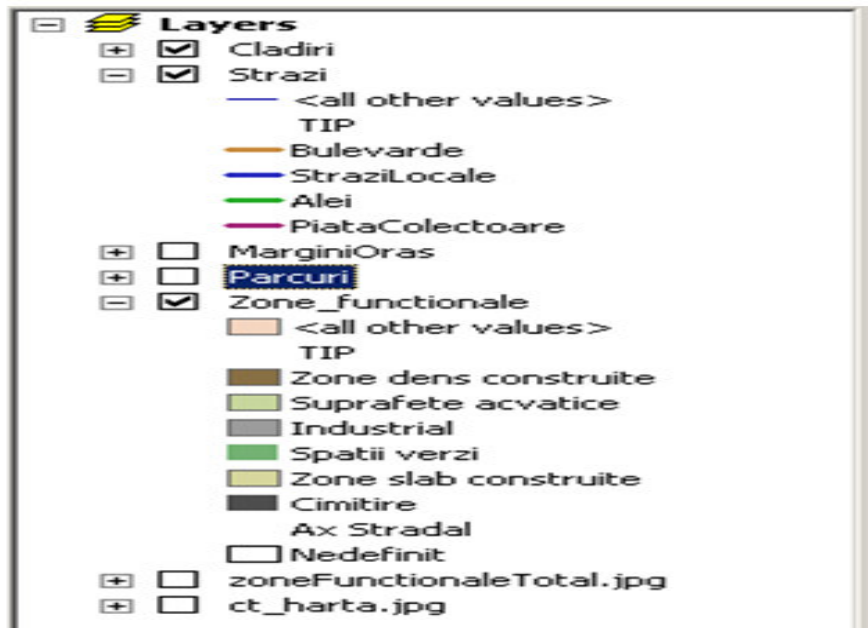


Figura 6. Controlul afișării layer-elor dintr-un document map

În Figura 6 este prezentat controlul afișării layer-elor dintr-un document map. Documentul conține un singur frame de date numit Layers în care sunt incluse *Clădiri*, *Străzi*, *MarginiOras*, *Zone_functionale*, *zoneFunctionaleTotal* și *ct_harta.ipg*. După cum se observă din figură layer-urile de date setate pentru vizualizare sunt *Clădiri*, *Strazi*, și *Zone_functionale*. Prin acest control se pot specifica simbolurile de afișare pentru diferite categorii de date. În baza de date există un câmp asociat categoriilor de date care permite afișarea diferențiată. Din figură se observă câmpul *TIP* pentru *Strazi* ce poate lua valori diferite pentru Bulevarde, StraziLocale, Alei, PiataColectoare.

Simboluri. Simbolurile (linii, culori, modele etc.) sunt utilizate pentru a afișa datele geografice și pentru a comunica mai bine informațiile de pe hartă. Simbolurile sunt seturi de proprietăți ce se aplică unei caracteristici particulare sau unui obiect geografic.

Prin operația render asupra unei caracteristici dintr-un layer se asignează simboluri (ex. linii albastre pentru râuri, culoarea verde de umplere pentru parcuri). Parcelele pot fi simbolizate prin asignare de culori specifice fiecărui cod de utilizare: toate parcelele rezidențiale cu galben, toate parcelele comerciale cu roșu, toate parcelele libere cu gri.

Când se adaugă datele pentru a crea un layer sau un obiect grafic se utilizează simboluri implicite. Simbolurile predefinite pot fi grupate în *stiluri*. Un stil este un director cu alte sub-directoare, câte unul pentru fiecare tip de simbol (simboluri pentru linii, simboluri pentru culori). De asemenea, există simboluri standard în diferite domenii ce lucrează cu hărți (forestier, imobiliar etc.)



a. Caracteristici geografice afișate fără etichetă b. Caracteristici geografice afișate cu etichetă

Figura 7. Afișarea pe hartă a unei clase de caracteristici – Rețea de străzi

Etichete. Etichetele sunt utilizate pentru identificarea caracteristicilor pe o hartă (ex. etichetele pentru străzi cu numele lor). Etichetele pot fi create în mai multe moduri:

- prin specificarea unui câmp într-o tabelă cu atributele layer-ului. Aceste etichete sunt plasate automat și nu pot fi editate individual.

- prin crearea de adnotări. Adnotările sunt asociate unor caracteristici individuale și se editează individual și se asociază respectivei caracteristici;
- prin utilizarea de text grafic care se poziționează și se editează individual dar nu se asociază nici unei caracteristici. Se poate utiliza pentru a crea etichete pentru locații de tip general ce nu reprezintă caracteristici specifice.

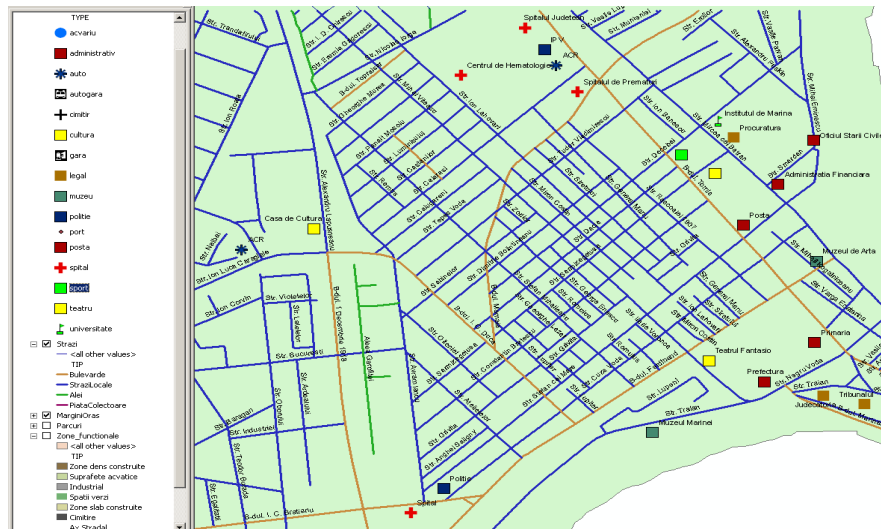


Figura 8. Elemente de afișare pentru un document hartă – simboluri, etichete, obiecte grafice

Obiecte grafice (cercuri, dreptunghiuri etc.). Sunt utilizate pentru a evidenția unele date afișate într-un document map. Obiectele grafice împreună cu textul grafic pot fi utilizate pentru crearea legendelor ce descriu informațiile dintr-o hartă.

Concluzii

Articolul este un studiu detaliat referitor la reprezentarea și controlul afișării datelor în sistemele informatice geografice. La începutul lucrării se acordă atenție definirii sistemului informatic geografic din perspectiva construirii și populării unei baze de date pentru utilizarea într-un sistem informatic de management urban. În continuare sunt descrise modalitățile de reprezentare a entităților geografice în forma digitalizată, stratificarea informațiilor pentru un anumit loc de pe pământ, procesul de georeferențiere în cazul alinierii referințelor geografice pentru mai multe tipuri de date.

În finalul lucrării sunt menționate elementele de lucru cu datele într-un mediu de realizare a hărților interactive prin care datele geografice stocate într-o bază de date sunt afișate în funcție de criteriile stabilite pentru vizualizare. Studiul reprezintă o analiză practică de introducere în domeniul dezvoltării aplicațiilor ce includ informații geografice.

Bibliografie

- Chrisman, N. (1997). *Exploring Geographic Information Systems*, NY: J. Wiley & Sons,
ESRI (August 2006). GIS best practices for public work
ESRI (December 2007). GIS for Sustainable development
Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., and Rhind, D. W. (2001): *Geographic Information Systems and Science*, John Wiley& Sons, 27–58, New York
Lisboa F., J, Iochpe, C.; and Borges, K. (2002). *Analysis Patterns for GIS Data Schema Reuse on Urban Management Applications*, CLEI Electronic Journal 5 (2)
Lisboa F, J, Iochpe, C. and Beard, K. (1999). *Specifying analysis patterns for geographic databases on the basis of a conceptual framework*, Procs. of ACM Symposium on Advances in Geographic Information Systems, Kansas City, USA
Johannesson, P.; Wohed, P. (1999). The deontic pattern – a framework for domain analysis in information systems design. *Data & Knowledge Engineering*, Vol.31