

GIS/LIS PODATKOVNI MODELI IN SISTEMSKA ARHITEKTURA

mag. Radoš Šumrada

FAGG-Oddetek za geodezijo, Ljubljana

Prispelo za objavo: 12.5.1993

Izvleček

V članku sta prikazana pregled značilnosti in primerjava uporabnosti med tradicionalnim kartografskim ter modernim objektno-orientiranim podatkovnim modelom v GIS/LIS-sistemih. Podane so tudi osnovne značilnosti sistemske arhitekture obeh metodoloških pristopov in ocena verjetnih trendov bodočega razvoja v primerjavi s splošnim razvojem programskih orodij.

Ključne besede: GIS, kartografski podatkovni model, LIS, objektno orientirani podatkovni model

Abstract

The article gives an outline of characteristics and an application comparison among traditional cartographic and modern object-oriented data models in GIS/LIS systems. Some basic characteristics of the system architecture of both methodological approaches and a possible future development trend estimate, correlated to general software development, are presented.

Keywords: cartographic data model, GIS, LIS, object-oriented data model

1. UVOD

Geografski informacijski sistem mora biti sposoben podajati informacije o lokaciji, geometriji, tipologiji, opisnih lastnostih in časovni obstojnosti geografskih pojavov v modelu prostora. Če je osnovni cilj izgradnja takšnega prostorskega informacijskega sistema, ki bo obstojen, razvojno sposoben in analitično učinkovit, je predvsem pomembno, da je načrtovani GIS/LIS dobro ter celovito dokumentiran. Potrebno je izbrati ustrezno razvojno metodologijo za sistemsko analizo, načrtovanje in izvedbo, da se ustrezno pojasni podatkovni model ter predvidena arhitektura sistema. Podatkovni ali logični model predstavlja potrebno raven podatkovne abstrakcije realnega sveta za določeno uporabo. Načrtovanje logičnega in fizičnega podatkovnega modela vsakega geografskega informacijskega sistema je zelo kompleksno opravilo. Formulacija podatkovnega modela zahteva kot prvi korak identifikacijo vseh potrebnih geografskih pojavov, njihovih lastnosti in obnašanja. Podatkovni model v GIS/LIS-sistemih je torej dinamičen, kompleksen, hierarhičen in ima zelo pogosto slabo definirano prostorsko strukturo (Livingstone et al. 1993).

Naslednja pomembna stopnja je oblikovanje ustrezne vsebinske ter fizične strukture GIS-ove podatkovne baze, ki mora vsebovati opisne ali tematske in

kartografske podatke. Kartografski podatki definirajo lokacijske lastnosti, prostorske značilnosti in geometrijo geografskih objektov. Lokacijski podatki so geokode objektov, ki so večinoma podane s koordinatami. Prostorske značilnosti objektov, ki ponazarjajo relativne odnose med geografskimi objekti v prostoru, podaja topologija. Geometrične značilnosti geografskih objektov so na primer oblika, velikost, dolžina in površina. GIS/LIS tehnologija za predstavitev prostorskih podatkov tradicionalno temelji na dveh organizacijskih in prezentacijskih principih. Lokacijski in geometrični podatki o geografskih objektih so lahko v vektorski ali pa rastrski obliki. V rastrskem podatkovnem modelu je topologija inherentno vgrajena v organizacijo podatkovnega modela. Vektorski podatkovni model nima vgrajene topologije, zato potrebuje poseben, procesno zahteven, postopek za njeno izgradnjo ter vzdrževanje.

2. KARTOGRAFSKI PODATKOVNI MODEL

V GIS/LIS sistemih je danes še zmeraj prevladujoči tako imenovani kartografski podatkovni model (Bonfatti et al. 1993). To je tradicionalni GIS/LIS podatkovni model, ki izhaja iz kartografskega koncepta izdelave topografskih kart velikih in srednjih meril. Koncept modela je bil izveden in razvit vzporedno s procesom digitalizacije velikih količin tradicionalnih kartografskih materialov. Zato se je tudi uveljavilo prvotno pojmovanje GIS/LIS sistemov kot sinonim za digitalno skladišče obstoječih kartografskih materialov (Bonfatti 1993). Večinoma je vsa obstoječa tehnologija zajemanja prostorskih podatkov, kot so na primer vektorska digitalizacija, rastrsko skeniranje in podatki, dobljeni s pomočjo daljinskega zaznavanja, v celoti prirejena vsebini kartografskega podatkovnega modela. Struktura digitaliziranih podatkov je prirejena večravenski podatkovni organizaciji. Tako zajeti prostorski podatki morajo biti predhodno editirani, analizirani in interpretirani, da so primerni tudi za uporabo v drugačnem podatkovnem modelu.

Današnji uporabniško najbolj popularni GIS/LIS pristop temelji na tradicionalnem kartografskem podatkovnem modelu. Kompleksnost realnega sveta se vertikalno razstavi, oziroma bolje rečeno, razsloji na kartografske ali tematske plasti. V sklopu takšnih tematskih plastí se lahko, glede na vsebovane grafične gradnike, tematske plasti še naprej horizontalno razdelijo na točkove, linijske in arealne geometrične sloje. Kakršnakoli celovitost in klasifikacijske lastnosti izvornih geografskih objektov se na žalost sploh ne upoštevajo. To je tehnološki pristop in vsebinski podatkovni model, ki ga je že pred skoraj petnajstimi leti uspešno uvedla družba ESRI, in je med drugimi realiziran tudi v GIS/LIS paketu ARC/INFO.

Kartografski podatkovni model se pogosto navaja tudi kot izvedbena osnova za dvojno ali hibridno arhitekturo GIS-ovih podatkovnih baz (Boursier et al. 1993). GIS/LIS sistemi, ki temeljijo na takšnem podatkovnem modelu, so praviloma tehnološko sestavljeni iz dveh fizično ločenih, sicer pa povezanih ali korporiranih podatkovnih baz. Za opisne podatke se običajno uporabljajo tradicionalni relacijski DBMS-ji, ki so prvenstveno namenjeni za splošno poslovno uporabo. Posebna, običajno vektorsko organizirana, grafična podatkovna baza skrbi za zajemanje ter vzdrževanje kartografskih podatkov. GIS/LIS-sistemi, ki temeljijo na tradicionalnem kartografskem podatkovnem modelu, so lahko posebej ali izrecno načrtovani za podporo GIS/LIS-aplikacijam. Najpopularnejši in najuspešnejši primer takšne dvojne arhitekture je nedvomno že omenjeni ARC/INFO (ESRI 1993). Obstajajo pa tudi

GIS/LIS-proizvodi, ki predstavljajo sintezo popularnih tržnih CAD in DBMS programskih paketov. Najbolj popularen primer je GEO/SQL, ki je sinteza Oracula RDBMS in Autocada.

Prednosti takšne dvojne programske arhitekture so nedvomno v veliki uporabniški razširjenosti osnovnih in standardnih softverskih proizvodov, ki jih sestavljajo. To omogoča sorazmerno hiter razvoj takšnih GIS/LIS sistemov. Druga prednost je v enostavnem tehnološkem konceptu in razširjenosti tradicionalnega kartografskega podatkovnega modela. Podatkovno modeliranje je izrazito dekompozicijsko od zgoraj navzdol, sorazmerno lahko razumljivo in predstavljivo. Težave lahko nastopijo zlasti v vektorskem geometričnem modelu. Povzročajo jih zahtevne podatkovne analize, kjer je treba spet spojiti ali prekrivati številne, sicer heterogene tematske plasti.

Kot osnovna slabost tega pristopa se lahko predvsem pojmuje omenjena tehnološka dvojnost ali razdeljenost opisnih in kartografskih podatkov o geografskih pojavih. Ta dvojnost lahko povzroči nepovezanost in nekonsistentnost opisnih ter kartografskih podatkov. Omembe vredna slabost izhaja tudi iz osnovne softverske dvojnosti. Uporabnik se mora naučiti dveh ločenih in nepovezanih tehnoloških pristopov. Če sta obe ločeni podatkovni bazi nadgrajeni s skupnim vmesnikom, potem je tak pristop lahko za končnega uporabnika samo še bolj kompleksen. Glavna slabost takšnega tradicionalnega kartografskega podatkovnega modela pa je nedvomno prevelika vertikalna in horizontalna razslojenost kartografskih podatkov. Ti so lahko razslojeni tematsko in nadalje še glede na geometrijske lastnosti osnovnih grafičnih elementov.

Celovitost geografskih objektov v tem tradicionalnem kartografskem podatkovnem modelu ni upoštevana, oziroma so podatki o takšni celovitosti z razstavitvijo modela realnosti celo neizogibno izgubljeni. Agregacija izvirne celovitosti upodobljenih geografskih objektov direktno ali procesno skoraj ni več možna. Doseže se lahko samo posredno z uporabniško percepcijo in interpretacijo vizualnih ter kartografskih prikazov, ki so običajno rezultat različnih in zahtevnih podatkovnih analiz. Glede na sodobne prevladujoče trende in današnjo stopnjo razvoja softverskega inženirstva je prihodnost takšnega tehnološkega pristopa ter tradicionalnega kartografskega podatkovnega modela v GIS/LIS sistemih nedvomno nezanesljiva. Najverjetneje se bo, z znatnimi vsebinskimi in velikimi tehnološkimi težavami, v bližnji prihodnosti postopoma preoblikoval v neko obliko razširjene relacijske arhitekture (Belussi et al. 1993).

3. OBJEKTNO ORIENTIRANI PODATKOVNI MODEL

Na drugi strani se je postopoma in vzporedno razvil alternativni ter sodobnejši GIS/LIS podatkovni model, ki izhaja iz okolja tradicionalnih in razširjenih relacijskih podatkovnih baz ter objektno orientiranih programskih jezikov. Osnova je bil razširjeni entitetno relacijski pristop, ki je najprej vključeval koncept geografskih pojavov in topoloških relacij. Iz okolja objektno orientiranih podatkovnih baz je bil privzet osnovni koncept obstojnih objektov. Odločitev o vrsti trajnih geografskih objektov in obliki njihove persistence je odvisna samo od zahtev podatkovnega modela. Takšen objektno orientirani podatkovni model predstavlja realne geografske pojave kot modelne geografske objekte. Osnovne lastnosti takšnih objektov so podobne značilnostim objektov iz objektno orientiranih programskih jezikov.

Geografske objekte karakterizirajo njihove lastnosti ali atributi in njihovo obnašanje. Obnašanje objektov ponazarjata dinamika spreminjanja in relacije med geografskimi objekti. Objekti, ki imajo enake lastnosti ter obnašanje, se ustrezno klasificirajo. Takšni enaki geografski objekti pripadajo istemu tipološkemu razredu.

Realno okolje okoli nas je zvezni in ne razslojeni prostor. Objekti okoli nas enostavno obstajajo (Eckel 1993). Ljudje dojemajo okolje okoli sebe kot kontinuiran tridimenzionalni prostor, ki ga napolnjujejo različno locirani fizični objekti. Modelna geometrična predstavitev geografskih objektov je generalizirana abstrakcija oblik realnih geografskih pojavov. Omogoča nam izvedbo kvalitativnih in kvantitativnih prostorskih analiz na modelu geografskih objektov (Livingstone et al. 1993). Objektno orientirani podatkovni model je v GIS/LIS sistemih uvedel drugačno prezentacijo prostorskih podatkov. Stopnja in oblika abstrakcije realnih objektov predstavlja merilo njihove upodobitve v objektno orientiranem podatkovnem modelu, ki je odvisna predvsem od namembnosti modela. Objekti so v objektno orientiranem podatkovnem modelu obstojni in imajo lastno identiteto, ne glede na registrirane lastnosti objektov, ki so lahko časovno spremenljive. Geometrija je samo poseben atribut geografskega objekta, podobno kakor je njegovo ime samo njegov opisni atribut. Obravnavana je na enakovrednem način. Namesto, da temelji na grafičnih gradnikih za ponazoritev njihovih geometričnih lastnosti, temelji objektno orientirani pristop samo na skupnih ali tipoloških lastnostih modeliranih geografskih objektov, ki združujejo njihove tematske, geometrične in procesne lastnosti v smiselno celoto.

Vse kartografske in geometrične lastnosti objektov se pojmujejo samo kot njihovi posebni kompleksni atributi. Geografski objekti v objektno orientiranem podatkovnem modelu nimajo le prostorskih in opisnih atributov, temveč imajo lahko tudi lastne funkcionalne sposobnosti. Modelni objekti so sposobni združevati vse svoje lastnosti in obnašanje v enotno podatkovno strukturo. Pri modeliranju realnih pojavov so procesne sposobnosti modelnih objektov enako pomembne kot njihove opisne in kartografske značilnosti. Takšen pristop je omogočil, da se je lahko bistveno zmanjšal vpliv kartografskih analitičnih omejitev pri modeliranju GIS/LIS podatkovnega modela.

Pri korak v tej razvojni smeri je predstavljal GIS/LIS paket System 9. Podatkovni model je sicer še zmeraj temeljil na večplastni razslojitvi realnosti, vendar so te plasti vgrajene kot grafični podaljšek ali nadgradnja v skupni in integrirani relacijski podatkovni bazi, kjer so shranjeni tudi vsi opisni podatki. System 9 podpira koncept treh osnovnih grafičnih gradnikov, ki so točka, linija in areal. Enostavni geografski objekti so uporabniško sestavljeni iz teh elementarnih geometričnih elementov. Takšen vsebinski pristop k podatkovnem modeliranju je bil kasneje generaliziran in razširjen v razširjenih relacijskih ter objektno orientiranih GIS/LIS arhitekturah. Drugi sposobnejši in naprednejši tehnološki pristop je uporaba tehnologije razširjenih relacijskih podatkovnih baz, ki že podpira uporabo abstraktnega ali uporabniškega podatkovnega tipa. Dovoljuje razširitev tradicionalnih relacijskih tabel z uporabniškimi podatkovnimi atributi in omogoča direktno vgraditev funkcionalnosti geografskih objektov v same tabele. Ne obstajajo sicer še tržni GIS/LIS proizvodi z omenjenimi sposobnostmi, vendar je v literaturi veliko raziskovalnih poizkusov v tej smeri (Boursier et al. 1993). Najuspešnejši med njimi je Starburst, ki temelji na razširjeni relacijski podatkovni bazi Postgres.

Dejanski objektno orientirani podatkovni pristop je najnovejši tehnološki dosežek, ki je že deležen velike pozornosti tudi na področju tehnologije geografskih informacijskih sistemov, tako s strani raziskovalnih, tehnoloških ter komercialnih aspektov. Objektno orientirani podatkovni model temelji na potencialno daleč najmočnejšem in najbolj naprednem metodološkem konceptu, ki pa za sedaj še ni niti stabiliziran niti standardiziran. Objektno orientirani pristop omogoča sestavo lažje razumljivega in vsebinsko mnogo močnejšega podatkovnega modela. Možno je izražati posebne relacije med objekti, kot so generalizacija, agregacija in asociacija razredov (Wessels 1993). Generalizacija omogoča posploševanje ali tipizacijo podobnih objektov. Agregacija omogoča združevanje različnih objektov v sestavljene objekte višjega pomenskega razreda. Asociacija dovoljuje povezovanje nizov enakih objektov v višje pomenske razrede.

Tehnološko najnaprednejša objektno orientirana GIS/LIS paketa sta Tigris firme Intergraph (Tigris 1993) in tržno zelo uspešen GIS paket Smallword, firme z enakim imenom (Smallword 1992), ki je tudi GIS/LIS paket za okolje delovnih postaj z daleč največjim naraščanjem vsakoletne prodaje na svetu (nad 70 %). Objektno orientirani podatkovni koncept, ki je vgrajen v Smallword GIS, ne pozna večravske organizacije kartografskih podatkov. Celoten podatkovni model sestavlja en sam model prostora z uporabniško definiranimi geografskimi objekti, ki predstavljajo abstrakcijo realnih geografskih objektov v razmerju ena proti ena. Relacije mnogo proti mnogo med objekti se lahko direktno vgrajujejo v definicijo razredov. Smallword GIS paket ima tudi poseben vmesnik za dostop do podatkov iz objektno orientiranega programskega jezika. Takšen vmesnik omogoča, da uporabniki sestavljajo aplikacije direktno v objektno orientiranem programskem jeziku, kar lahko izjemno poveča kvaliteto in procesno moč programov ter bistveno zmanjša potreben čas za sestavo uporabniških aplikacij.

4. ZAKLJUČEK

Današnji objektno orientirani geografski informacijski sistemi žal še ne podpirajo vseh opisanih lastnosti objektno orientirane metodologije. Zato se je bolje vprašati, na kakšen način oziroma v kolikšni meri je določen GIS/LIS objektno orientiran, namesto da se sprašujemo, ali je objektno orientiran ali pa sploh ni (Wessels 1993). Naslednji seznam lastnosti objektno orientiranega pristopa lahko služi kot osnovni kriterij za določanje načina, na kateri določeni GIS/LIS-sistem podpira objektno orientirani pristop :

- ☐ ali dovoljuje definicijo objektov in tipoloških razredov
- ☐ ali podpira delno ali celovito enkapsulacijo atributov in metod
- ☐ ali podpira polimorfizem in večličnost operatorjev ter funkcij
- ☐ kakšno vrsto delovanja omogoča in podpira
- ☐ kakšna vrsta DBMS-ja je uporabljena za shranjevanje atributnih in funkcijskih elementov razreda (razširjena relacijska ali objektno orientirana podatkovna baza)
- ☐ kakšne vrste relacij se lahko definirajo med objekti podatkovnega modela in kakšne v podatkovni bazi (mного proti mnogo)
- ☐ kakšne so lastnosti poizvedovalnega, manipulacijskega, definicijskega in kontrolnega jezika v podatkovni bazi (standardizacija)

- kakšen je uporabniški programski vmesnik (dostop iz objektno orientiranega programskega jezika)
- ali je možno spreminjati vsebino obstoječih razredov (atribute in metode)
- ali je možno spreminjati obstoječo hierarhijo razredov
- ali je možno spreminjati obstoječi objektni podatkovni model (dodajanje, preimenovanje in brisanje razredov).

Z uporabiškega zornega kota so verjetno najbolj pomembne določene izkušnje in praktična primerjava primernosti tradicionalnega kartografskega ter modernega objektno orientiranega podatkovnega modela v GIS/LIS sistemih. Velja načelo, ki temelji na praktičnih izkušnjah, da je za določeno vrsto uporabnikov primernejši tradicionalni kartografski podatkovni model (Goodchild et al. 1990). To so predvsem področja uporabe GIS-tehnologije, ki se ukvarjajo z obdelavo naravnih virov in okolja, kjer pogosto nastopajo slabo definirani, neizraziti, slabo razmejeni in hitro spremenljivi prostorski objekti. To so na primer aplikativna področja meteorologije, pedologije, geologije, gozdarstva in varstva okolja.

Za določeno vrsto uporabnikov pa je uporaba modernega objektno orientiranega podatkovnega modela in GIS-tehnologije praktično mnogo primernejša. To so zlasti uporabniška področja, ki obravnavajo realno okolje kot prazen prostor, v katerem so locirani oziroma je le-ta napolnjen z različnimi prostorskimi objekti. Tipični primer so različne evidence in kataster komunalnih naprav ter vodov. Na tem področju se je uporaba objektno orientiranih GIS/LIS sistemov že izredno uspešno uveljavila (Smallword 1992). Naslednji možni primeri uspešne uporabe objektno orientiranega GIS/LIS pristopa sta lahko tudi kataster zgradb in zemljiški kataster.

Viri:

- ESRI, 1993, *Arc/Info, Understanding GIS: The ARC/INFO Method*, Arc/Info uvodni učbenik o GIS tehnologiji, Longman Geoinformation.
- Belussi, A., Negri, M., Pelagatti, G., 1993, *A Conceptual Framework for Understanding the ARC/INFO Data Model and Operations*, EGIS'93 Conference Proceedings.
- Bernhardsen, T., 1992, *Geographic Information Systems*, Norwegian Mapping Authority.
- Bonfatti, F., 1993, *Intensional Design of Geographical Information Systems*, EGIS'93 Conference Proceedings.
- Bonfatti, F., Cantaroni R., Gentili, L., Murari, C., 1993, *Object Oriented Support to the Design of Geographical Information Systems*, EGIS'93 Conference Proceedings.
- Boursier, P., Faiz, S., 1993, *A Comparative Study of Relational, Extensible and Object Oriented Approaches for Modelling and Querying Geographic Databases*, EGIS'93 Conference Proceedings.
- Eckel, B., 1993, *C++ Inside & Out*, Osborne McGraw – Hill.
- Goodchild, M.F., Kemp K.K., 1990, *Technical Issues in GIS*, NCGLA, University of California, Santa Barbara, CA, USA.
- Livingstone, D., Raper, J., 1993, *Object Oriented Data Modelling in a GIS Application for Coastal Geomorphology*, EGIS'93 Conference Proceedings.
- Rhind, D., Raper, J., Mounsley, H., 1993, *Understanding GIS*, Taylor & Francis Ltd.
- Smallword, 1992, *A Corporate Statement*, Prospekti za objektno orientirani GIS paket firme Smallword.
- Tigris, 1993, *Prospekti za objektno orientirani GIS paket firme Intergraph*.
- UGIS, 1992, *Understanding GIS, Version 1.2*, Inc.
- Wessels, C., 1993, *Object Orientation and GIS*, EGIS'93 Conference Proceedings.

Recenzija: mag. Dalibor Radovan
mag. Aleš Šuntar