

OBJEKTNO ORIENTIRANI MODEL PODATKOVNE BAZE GIS/LIS-A

dr. Radoš Šunrada
FAGG-Oddetek za geodezijo, Ljubljana
Prispelo za objavo: 11.5.1994

Izvleček

V članku je prikazan objektno orientiran pristop k modeliranju grafičnih, geometričnih, topoloških in opisnih podatkov za potrebe podatkovne baze GIS/LIS-a. Vsebinsko je izdelana ter predstavljena podrobna razredna hierarhija za predstavitev sestavljenih geografskih objektov, ki se lahko implementira in kodira v poljubni objektno orientirani podatkovni bazi.

Ključne besede: podatkovna baza, DBMS, GIS, LIS, objektno orientirani podatkovni model

Abstract

The paper presents an object-oriented approach to graphic, geometric, topological and descriptive data modelling for the needs of a GIS/LIS database. On a conceptual level a detailed class hierarchy is developed and described to present compound geographic objects which can be implemented and encoded into an arbitrary object-oriented database.

Keywords: database, DBMS, GIS, LIS, object oriented data model

1. UVOD

V sistemih GIS/LIS-a se registrirajo ter predstavljajo lastnosti pomembnih geografskih pojavov (objekti in dogodki), ki so locirani nekje na površini Zemlje, oziroma obstajajo in so fizično prisotni v stvarnem tridimenzionalnem (3D) prostoru. Podatkovna baza (DBMS) sistema GIS/LIS-a mora čim bolj celovito ter povezano shranjevati štiri vrste lastnosti (atribute in procesne funkcije) geografskih objektov:

- opisni atributi (tematski podatki oziroma splošne lastnosti objektov)
- geometrični atributi (geometrični podatki o lokaciji in iz koordinat izvedenih vrednostih o obliki, velikosti, položaju itd.)
- topološki atributi (povezljivost in sosedski odnosi med objekti)
- metode (vse potrebne procesne funkcije geografskega objekta).

Geometrični atributi v podatkovni bazi sistema GIS/LIS-a morajo biti izrecno oziroma posebej organizirani in predstavljeni bodisi v vektorski ali pa rastrski obliki:

- Vektorska organizacija geometričnih podatkov temelji na treh osnovnih grafičnih gradnikih, ki so točka, linija in območje ali areal.
- Rastrska organizacija geometričnih podatkov temelji na uniformni gridni celici.

Čeprav ljudje dojemajo stvarno okolje okoli sebe v treh dimenzijah, je abstraktna predstavitev objektov v podatkovnem modelu geografskih informacijskih sistemov danes še zmeraj večinoma dvodimenzionalna. Kartografska predstavitev geografskih objektov v sistemih GIS/LIS-a temelji na dveh vrstah podatkov in sicer na opisnih ter grafičnih atributih. Opisni atributi podajajo tematske lastnosti geografskih objektov. Grafične lastnosti objektov se lahko naprej razdelijo na geometrične in topološke značilnosti. Neformalna opredelitev posameznih atributov prostorskih podatkov je torej naslednja:

- Tematski atributi so različni opisni ali alfanumerični podatki, ki se nanašajo na geografske objekte. Tematski podatki so opisni podatki, ki se običajno hranijo v tradicionalnih (relacijskih) podatkovnih bazah in so lahko tipološko sistemski podatkovni tipi, kot na primer cela in realna števila, ali pa uporabniško opredeljeni abstraktni podatkovni tipi. Opisni atributi opisujejo pomembne značilnosti geografskega objekta in se zato lahko pojmuje kot računalnikova vednost o geografskih fenomenih. V tradicionalnih sistemih GIS/LIS-a so podatki o prostorskih objektih običajno shranjeni v relacijskih tabelah, kjer posamezni pojav objekta predstavlja vrstica v tabeli in njegovi atributi so stolpci tabele.
- Geometrični atributi podajajo lokacijo ali lego geografskih objektov v prostoru s pomočjo geokod, ki so ponavadi koordinate. Geometrični atributi podajajo tudi obliko in velikost prostorskih objektov. Omogočajo osnovno kartografsko modeliranje geografskih objektov s pomočjo grafičnih gradnikov ter posebnih geometričnih elementov, ki so vozlišče, segment, robni poligon in površina.
- Topološki atributi podajajo povezljivost in sosedske odnose med geografskimi objekti. Topološki atributi niso zmeraj shranjeni eksplicitno, ker se lahko načeloma izpeljejo iz geometričnih atributov.

Dejansko vrednost prostorskih podatkov predstavlja njihova kvaliteta. Resnična vrednost opisa stvarnih prostorskih fenomenov je odvisna od kakovosti vseh vrst vsebovanih podatkov, ki jih predstavljajo opisne, grafične in dinamične relacije med njimi. Kvaliteta prostorskih podatkov se pokaže predvsem kot grafična ali pozicijska natančnost, ažurnost, semantična in referenčna celovitost vsebine, resolucija, zanesljivost tematskih podatkov ter logična doslednost med grafičnimi in opisnimi podatki.

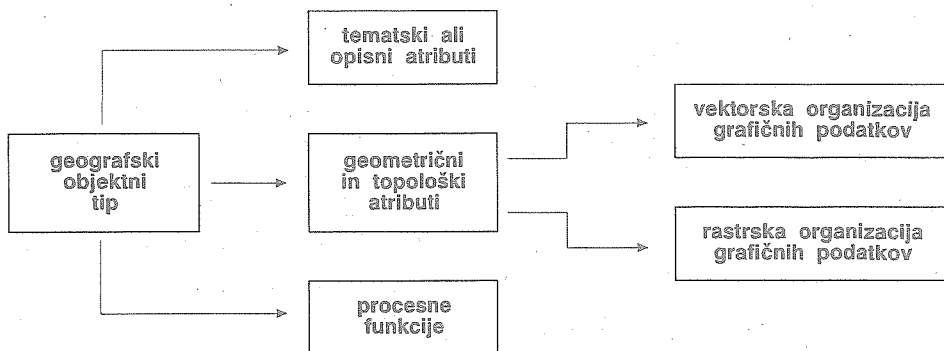
2. ZNAČILNOSTI OBJEKTOVNO ORIENTIRANEGA PRISTOPA

Vsak geografski objekt ima svojo lastno identiteto, ki je neodvisna od trenutnih vrednosti njegovih atributov. Vse pojave objektov, ki imajo enake attribute in enake metode, lahko ustrezno tipiziramo v objektni tip. Dejanska realizacija objektnega tipa v določenem programskem okolju se imenuje razred, ki predstavlja osnovno šablono ali prototip za vse pojave pripadajočih oziroma dejansko obstoječih objektov. Vrednosti atributov podajajo dejanske lastnosti posameznih pojavov objektov, ki se lahko pojmuje kot njihova vednost o samemu sebi. Opisni, geometrični in topološki atributi podajajo vse glavne značilnosti geografskih objektov ter se zato skupaj imenujejo podatkovni člani geografskega objekta. Metode so skupne vsem pojavom objektov istega objektnega tipa ali razreda in se zato skupaj

imenujejo procesni člani geografskega objekta. Metode objektov morajo zadovoljevati vse njihove procesne potrebe.

Podatkovni člani (atributi) in metode (procesne funkcije) objektnega tipa so združeni in povezani v celoto. Takšen model združevanja vednosti in obnašanja objektov v postopkovno samozadostno celoto se imenuje enkapsulacija, ki predstavlja osnovo za procesno neodvisnost objektov. V strogem objektnem pristopu so vse vrednosti ali atributi vsakega objekta vidni samo prek njegovega javnega vmesnika, ki ga predstavljajo vse njegove podrobno opredeljene metode. To načelo omejene vidnosti objektov notranjosti se imenuje skrivanje informacij. Objekti lahko komunicirajo z okolico oziroma z drugimi objekti samo s sprejemanjem in oddajanjem ustreznih sporočil, ki se prevedejo na klice ustreznih procesnih funkcij.

Dedovanje med objektnimi tipi omogoča sestavo poljubne hierarhične zgradbe objektnih tipov. Dedovanje med objektnimi tipi je lahko enostavno, novi objektni tip je izveden iz enega samega prednika, ali pa sestavljeno, kjer ima lahko novi objektni tip poljubno število prednikov. Najbolj pogosta oblika dedovanja med objektnimi tipi je enostavna oblika. Dedovanje med objektnimi tipi omogoča tudi ponovno uporabo že formiranih in preizkušenih razredov oziroma programske kode. S pomočjo dedovanja izvedeni nov objektni tip je v bistvu enak svojemu predniku z določenimi razširitvami, spremembami oziroma omejitvami. Z dedovanjem izvedeni objektni tip lahko poseduje tudi bistveno spremenjeno obnašanje od svojih prednikov, kar omogočata mehanizma polimorfizma procesnih funkcij in njihovega dinamičnega ali poznega povezovanja.



Slika 1

Osnovna zgradba splošnega prostorskega ali geografskega objektnega tipa, ki lahko služi za predstavitev kateregakoli geografskega pojava, je prikazana na sliki 1. Model geografskega objektnega tipa združuje podatke in procesno obnašanje v povezano celoto. Vrsto opisnih in geometričnih podatkov lahko določa sistemski ali pa abstraktni oziroma uporabniško določeni podatkovni tip. Geografski objektni tip je lahko poljubno sestavljen in lahko deduje druge objektne tipe. Možni sta dve osnovni izvedbi sestavljenih objektnih tipov, ki praktično nastopata v poljubni kombinaciji:

- objektni tip lahko vsebuje druge objektne tipe kot svoje attribute
- objektni tip je lahko izpeljan iz drugih objektnih tipov s pomočjo mehanizma dedovanja (enostavnega ali pa sestavljenega) med objektnimi tipi.



3. ZNAČILNOSTI GRAFIČNIH PODATKOVNIH BAZ





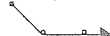

Podatkovna baza GIS/LIS-a mora biti sposobna obdelovati opisne, geometrične in topološke podatke na enakovreden ter povezan oziroma čim bolj integriran način. Vse procedure sistema GIS/LIS-a morajo biti opredeljene v sistemskih in uporabniško definiranih objektnih tipih. Grafična podatkovna baza mora biti sposobna nuditi oziroma zadovoljevati predvsem naslednje procesne funkcije geografskih objektov:

- enostaven (grafični) vmesnik (GUI) za poizvedovanja in ažuriranje prostorskih objektov (vse vrste podatkovnih manipulacij)

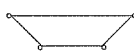
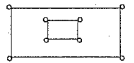


0 - DIMENZIONALNI OBJEKTNI TIPI

- **Točka:** je 0 dimenzionalni objekt, ki opredeljuje geometrično lokacijo z nizom koordinat $T(x,y,z)$.
- **Vozlišče:** je 0 dimenzionalni objekt, ki je topološko stičišče in lahko tudi določa geometrično lokacijo.

1 - DIMENZIONALNI OBJEKTNI TIPI

-  **Linija (vektor):** je 1 dimenzionalni objekt, ki ponazarja povezavo ali črto med dvema točkama.
-  **Segment:** je 1 dimenzionalni objekt, ki predstavlja neposredno povezavo med dvema vozliščema.
-  **Rob:** predstavlja usmerjeno povezavo med dvema vozliščema z opredeljeno smerjo.
-  **Niz:** predstavlja zaporedje linij ali vektorjev.
-  **Veriga:** je usmerjeno zaporedje ne sekajočih se linijskih segmentov med dvema vozliščema.
-  **Lok:** je povezava med točkami, ki je opredeljena s pomočjo matematično definirane krivulje.

2 - DIMENZIONALNI OBJEKTNI TIPI

-  **Območje (enostavni poligon):** je 2 dimenzionalni objekt, ki je opredeljen samo z zaključnim obodnim poligonom.
-  **Območje (kompleksni poligon):** je 2 dimenzionalni objekt, ki je opredeljen z zaključnimi obodnimi poligoni in lahko vsebuje otoke.
-  **Površina:** je 2 dimenzionalni objekt, ki je opredeljen z enim ali več obodnimi robovi.
-  **Rastrska celica ali piksel** je uniformni prostorski element, ki je nosilec prostorskih podatkov v rastrski grafični organizaciji.

Slika 2

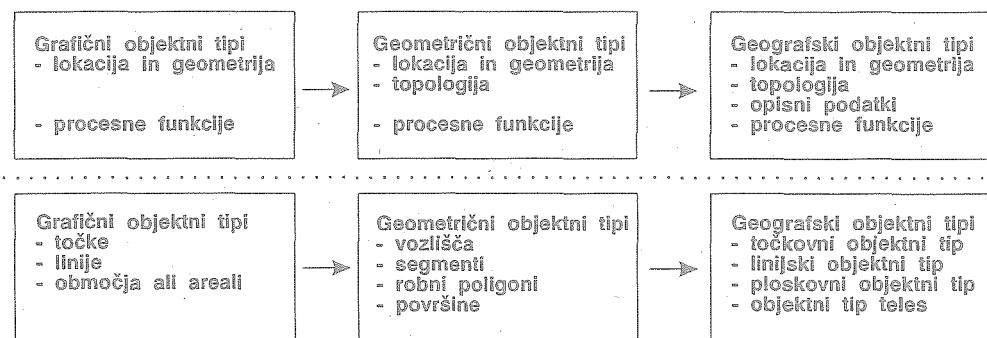
- natančno opredeljena zbirka posebnih operatorjev za manipulacije z opisnimi, geometričnimi in topološkimi atributi prostorskih objektov
- cel niz dodatnih (robustnih) geometričnih algoritmov za različne podatkovne analize
- zmožnost pokrivanja in modeliranja navidezno neskončnega področja obravnave
- sposobnost zajemanja podatkov iz različnih virov in v različnih (standardnih) formatih na raznovrstnih medijih

- sposobnost posredovanja željenega izbora podatkov v različnih (standardnih) formatih na raznovrstnih medijih
- zmožnost različnih grafičnih (kartografskih) in tabelaričnih predstavitev podatkov na raznovrstnih izhodnih napravah
- sposobnost strukturiranja podatkov v tradicionalni kartografski model (tematske plasti) ali pa v objektno orientirani model (hierarhije objektnih tipov)
- samodejno vzdrževanje topologije za določitev povezljivosti med geometričnimi objekti in vzpostavitev njihovega sosedstva.

4. KLASIFIKACIJA PROSTORSKIH OBJEKTNIH TIPOV

Število različnih objektnih tipov, ki lahko nastopajo v podatkovni bazi GIS/LIS-a, je običajno zelo veliko. Objekte je treba najprej razvrstiti glede na njihove sestavne komponente na osnovne ali enostavne in sestavljene objektne tipe. Slika 2 prikazuje primer klasifikacije možnih objektnih tipov glede na njihovo prostorsko razsežnost.

Za določitev celotne hierarhije in povezav med objektnimi tipi je mnogo primernejša uporaba klasifikacije objektnih tipov glede na njihov pomen in dejansko vsebino. Slika 3 prikazuje takšno načelno klasifikacijo objektnih tipov z ozirom na vrste atributov, ki jih objektni tipi dejansko posedujejo. Vsebinsko lahko objektne tipe razdelimo in imenujemo kot grafične (lokacija in geometrija), geometrične (lokacija, geometrija in topologija) ter geografske (lokacija, geometrija, topologija in opisni podatki).



Slika 3

4.1 Grafični objektni tipi

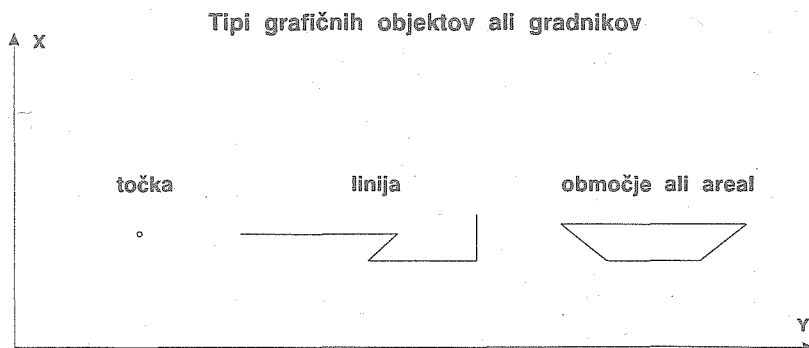
Koncept enostavnega dvodimenzionalnega objektnega podatkovnega modela za kartografsko ponazoritev topologije v sistemih GIS/LIS-a je običajno naslednji. Sestavljen je iz treh osnovnih tipov grafičnih objektov ali gradnikov, ki so točka, linija in areal ali območje. Geometrična predstavitev in pomen grafičnih objektnih tipov sta namenjena za podajanje posplošene abstrakcije poljubno sestavljene geometrije izbranih stvarnih geografskih fenomenov. V kartografskem podatkovnem modelu služi predvsem za predstavitev osnovnih kartografskih lastnosti geografskih objektov.

- Točka je najbolj enostaven grafični objektni tip ali razred brez dimenzij (0D), ki ima samo lokacijo brez dodatnih prostorskih lastnosti. Običajno se

prikazujejo kot ustrezni simboli. Merilo in pomen predstavitve seveda določata ali je določen objekt predstavljen kot točka ali pa kot območje.

- Linija povezuje vsaj dve točki in je enodimenzionalni grafični objekt tip ali razred (1D), ki ima prostorsko lokacijo, dolžino, simbol ter obliko. Linijski objekti so lahko sestavljeni iz enega ali več povezanih usmerjenih odsekov, ki so po obliki preme linije ali pa krivulje. Edini merljivi atribut linije je njena dolžina. V odvisnosti od merila in pomena predstavitve se lahko določeni arealni objekti prikazujejo kot linije ali pa kot območja.
- Območje ali areal je dvodimenzionalni grafični objekt tip ali razred, ki ima površino in obseg kot edina merljiva atributa (2D). Merilo predstavitve določa, ali je določen objekt predstavljen kot točka ali pa kot območje. Obliko, velikost in lokacijo areala določajo usmerjeni odseki, ki ga obkrožajo. Vsako območje določajo vsaj trije obodni segmenti, ki jih določajo vsaj tri lomne točke. Areali lahko tudi predstavljajo osnovo za sestavo tridimenzionalnega telesa. V vektorskih grafičnih podatkovnih bazah so območja predstavljena z obodnimi zaključenimi poligoni. V rastrskih grafičnih podatkovnih bazah se stvarnost predstavi s pomočjo pravih mnogokotnikov, tako da so vsi objekti opredeljeni v smislu uniformnih območij. Osnovni element celotne podatkovne strukture se imenuje gridna celica. Vsak pravih mnogokotnik, ki je običajno kvadrat, lahko predstavlja prostorske lastnosti. Rezultat je generalizacija stvarnosti, ki je odvisna predvsem od velikosti rastrske celice. Takšne enotno oblikovane in velike celice so osnova rastrskega podatkovnega modela oziroma rastrske grafične podatkovne baze. Gridna mreža takšnih celic nima (teoretično) nikakršnih fizičnih omejitev v prostoru.
- Sestavljeni grafični objekt tip lahko tvori poljubna zbirka točk, linij in območij. Lahko se predstavi kot izvedeni oziroma izpeljani objekt tip, ki je sestavljen iz osnovnih grafičnih gradnikov.

Enostavna grafična ponazoritev treh osnovnih grafičnih objekt tipov ali razredov je prikazana na sliki 4. Klasifikacija geografskih objektov na enega od teh treh objekt tipov je predvsem odvisna od načina uporabe in namembnosti prostorskih podatkov. Vsak dejanski pojav objekta iz določenega grafičnega razreda je enolično določen z ustreznim identifikatorjem.



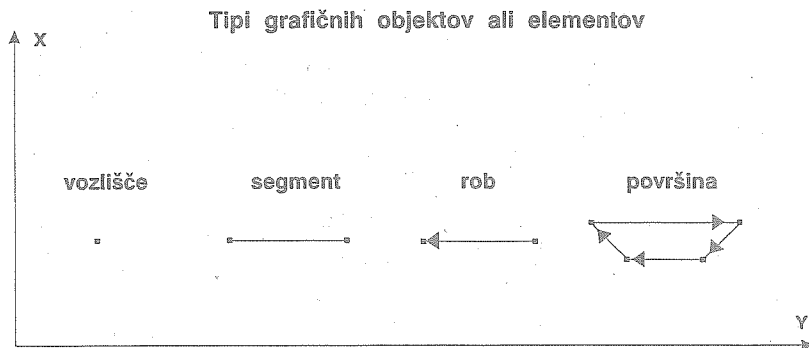
Slika 4

4.2 Geometrični objektni tipi

Grafični atributi geografskih objektov so podani s posebnimi geometričnimi objektnimi tipi, ki jih predstavljajo razredi osnovnih štirih geometričnih skupin elementov. Sestavljeni so na podlagi ustreznih grafičnih objektnih tipov, katerim so dodani tudi topološki atributi. Obstajajo štirje geometrični objektni tipi ali razredi, in sicer vozlišča, segmenti, robovi ter površine.

- Vozlišče podaja geografsko pozicijo s pomočjo koordinat (x, y, z) . Vozlišče lahko predstavlja točkovni geografski objekt, ki je tako enolično opredeljen. Vozlišče lahko leži na robu območja, lahko pa je tudi začetna ali končna točka enega ali več segmentov.
- Segment ali lok predstavlja povezavo med dvema vozliščema. Segment vedno določata začetno in končno vozlišče. Glede na obliko je lahko segment prema linija ali pa krivulja. Segment je lahko tudi del sestavljene poliliniije ali poligona, ki lahko ponazarja linijski objekt ali pa je robni poligon območja.
- Robni poligon ali meja je izpeljani geometrični objekt ali element, ki podaja grafične lastnosti arealnih objektov. Robove tvorijo razvrščeni in usmerjeni segmenti. V primeru tridimenzionalne upodobitve geografskega prostora podajajo robovi stične linije ploskve prostorskih teles.
- Površina predstavlja najvišji nivo geometrijskih objektov ali elementov. Ena ali več površin služi za ponazarjanje arealnih geometričnih objektov. Vsaka površina je v celoti opredeljena s pomočjo enega ali več orientiranih robnih poligonov. V primeru tridimenzionalne upodobitve geografskega prostora podajajo površine ustrezne ploskve prostorskih teles.

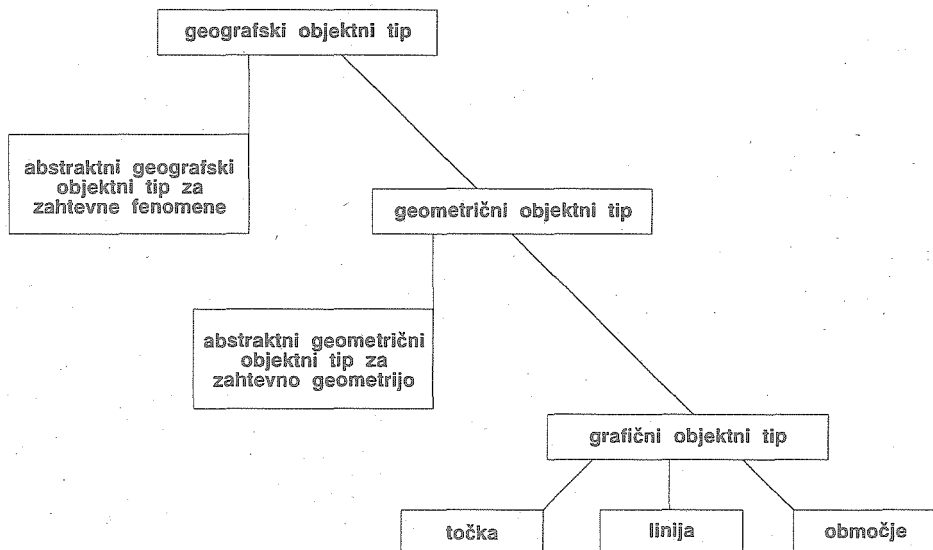
Grafična ponazoritev štirih osnovnih geometričnih objektnih tipov ali geometričnih razredov je podana na sliki 5. Robni poligon je vmesni sestavljeni element, ki ima lahko dvojni pomen in je zaradi tega pri njegovi uporabi potrebna določena previdnost. Robni poligon je lahko sestavljen iz enega ali več segmentov, ki zaključujejo območni objekt oziroma opredeljujejo površino. Izraz poligon se lahko uporablja tudi za podajanje splošnih ali zaključenih linijskih objektov, ki jih tvorijo razvrščeni in usmerjeni segmenti.



Slika 5

4.3 Grafična predstavitev geografskih objektov

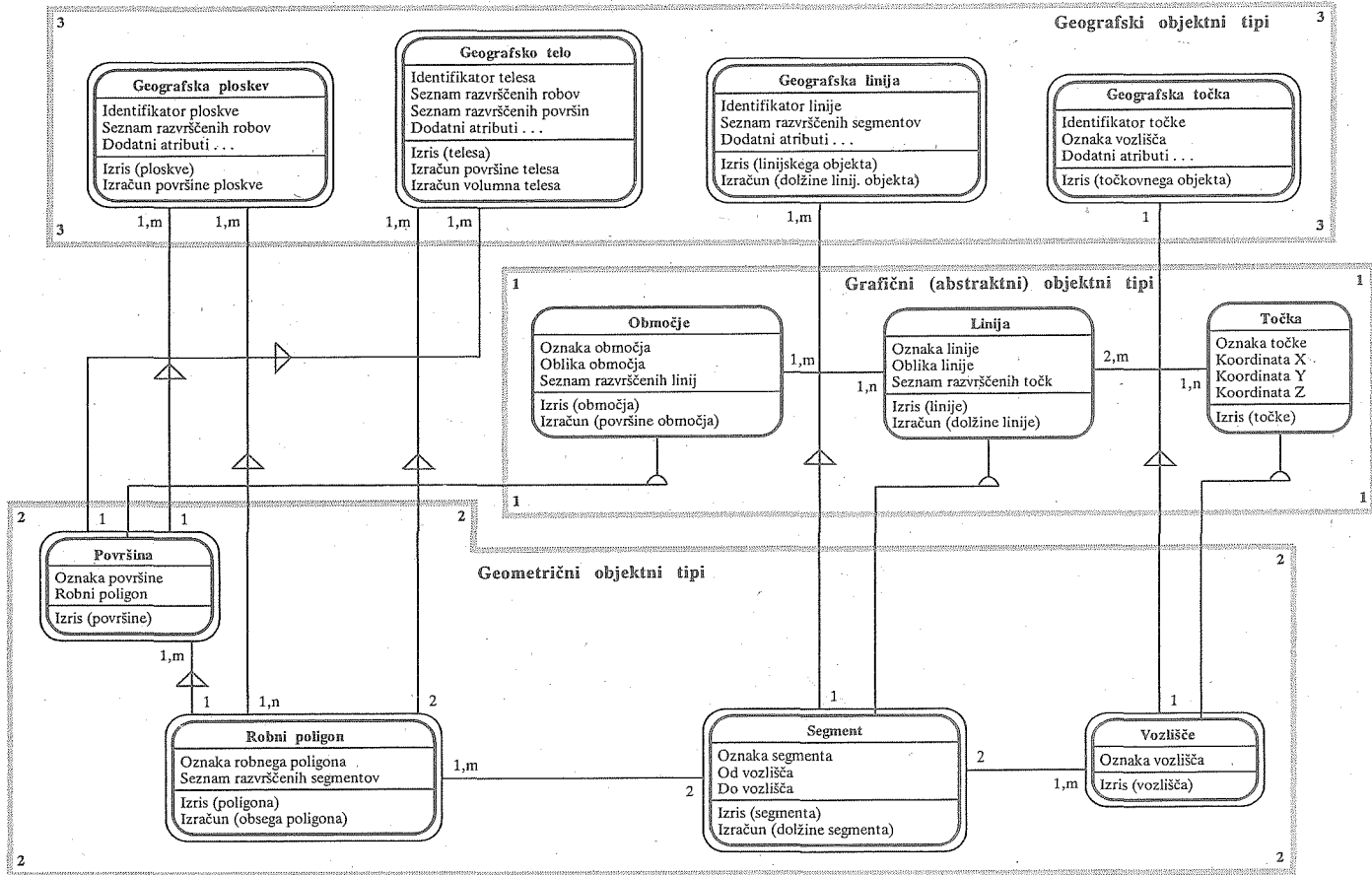
Celotni koncept objektno orientiranega podatkovnega modela GIS/LIS-a je prikazan kot hierarhična povezava z relacijami med geometričnimi in grafičnimi objektnimi tipi, ki služijo za kartografsko upodobitev geografskih objektov ali pojavov. Pregledna grafična ponazoritev hierarhije relacij med ustreznimi skupinami objektnih tipov je na sliki 6. Celotna struktura z vsemi relacijami in hierarhijo



Slika 6

objektnih tipov je prikazana na objektnem diagramu na sliki 7. Objektni diagram je prikazan v Coad – Yourdon grafični notaciji (Coad, Yourdon 1991). Pri vseh objektnih tipih so navedeni samo najbolj značilni atributi in najbolj pomembne metode. Vse interne metode, na primer za inicializacijo in brisanje objektov, niso izrecno navedene. Značilnosti vseh upodobljenih relacij med grafičnimi, geometričnimi in geografskimi objektnimi tipi pa so naslednje:

- Točkovni objekt je predstavljen z natančno enim vozliščem.
- Linijski objekt opredeljuje veriga oziroma poligon, ki je sestavljen iz enega ali več segmentov. V primeru linijskih objektov se lahko v vsakem vozlišču stikata samo dva segmenta. Linijski objekt je lahko tudi zaključen poligon, ki je sestavljen iz enega ali več segmentov.
- Območni objekti so definirani s pomočjo enega ali več povezanih robnih poligonov. Segmenti robov so dosledno enako orientirani.
- Povezave med vozlišči in segmenti na eni strani ter areali oziroma površinami na drugi strani so izrecno registrirani z ustreznimi topološkimi relacijami.



Slika 7

Literatura:

- Bonfatti F. et al., 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.
- Coad, P., Yourdon, E., 1991, *Object-Oriented Analysis (2. Edition)*, Yourdon Press Computing Series, Prentice Hall, Inc.
- Helokunnas, T., 1994, *Object Oriented Geographic Data Management*, EGIS'94 Conference Proceedings.
- Jacobson, I., 1992, *Object-Oriented Software Engineering*, Addison – Wesley.
- Khoshafian, S., 1993, *Object-Oriented Databases*, John Wiley & Sons.
- Langford, M., 1993a, *Getting Started in GIS*, CVCP/USDU, University of Sheffield, England.
- Langford, M., 1993b, *Moving on in GIS*, CVCP/USDU, University of Sheffield, England.
- Livingstone, D., Raper, J., 1993, *Object Oriented Data Modelling in a GIS Application for Coastal Geomorphology*, EGIS'93 Conference Proceedings.
- Martin, J., Odell, I.J., 1993, *Principles of Object-Oriented Analysis and Design*, Prentice Hall, Inc., PTR Professional Technical Reference.
- Sacchi, C., Sbatella, L., 1994, *An Object Oriented Approach to Spatial Databases*, EGIS'94 Conference Proceedings.
- Schneider, B., 1994, *Object Programming for Spatial Problems: Definition of Basic Set of Spatial Classes*, EGIS'94 Conference Proceedings.
- Wessels, C., 1993, *Object Orientation and GIS*, EGIS'93 Conference Proceedings.
- Worboy, M.F., 1994a, *Inovations in GIS*, Taylor & Francis Ltd.
- Worboy, M.F., 1994b, *GIS : A Computer Science Perpective*, Taylor & Francis Ltd.

Recenzija: mag. Božena Lipej
mag. Dalibor Radovan