

UDC: 004.4:631.4

INFO M: str. 13-19

**PRIMENA SOLAP (SPATIAL ONLINE ANALYTICAL  
PROCESSING) TEHNOLOGIJE U URBANIZMU  
APPLICATION OF SOLAP (SPATIAL ONLINE ANALYTICAL  
PROCESSING) TECHNOLOGY IN URBAN PLANNING**

Mirsad Agović

**REZIME:** SOLAP tehnologija predstavlja pokušaj da se nadoknade nedostaci koji postoje u slučajevima pojedinačne primene GIS i OLAP tehnologije. Integracijom ove dve tehnologije i kreiranjem SOLAP aplikacije omogućava se korisnicima da jasnije sagledaju određene pojave, tj. da ih preciznije vizuelno lociraju na određenoj teritoriji, sagledaju razvoj i u zavisnosti od toga preuzmu određene korake i osmisle dalju strategiju.

Urbanizam je oblast u kojoj SOLAP tehnologija nalazi sve veću primenu. U tekstu je opisan način na koji je moguće, u okviru jedne SOLAP aplikacije, objediniti GIS i OLAP tehnologije, u cilju bržeg i efikasnijeg prikaza agregiranih podataka na mapi. Prikazan je primer "Praćenje izgradnje infrastrukturnih objekata u Beogradu" u javnom preduzeću "Direkcija za građevinsko zemljište i izgradnju Beograda J.P."

**KLJUČNE REČI:** SOLAP, ArcGIS, OLAP, podrška odlučivanju, kocka prostornih podataka, urbanizam, infrastrukturni objekti  
**ABSTRACT:** SOLAP technology is an attempt to compensate gaps that exist in individual cases, the use of GIS and OLAP technologies. The integration these two technologies and creating SOLAP application allows the users to clear view certain phenomena, ie. to visually locate them precisely within a given territory, to define the development and depending on that take specific steps to develop further strategies.

Urban planning is an area where SOLAP technology is intensively applied. The text describes how it is possible, within a single SOLAP applications, integrate GIS and OLAP technology for faster and more efficient display of aggregated data on the map. One example of "Monitoring of construction of infrastructure facilities in Belgrade" in the public enterprise "Belgrade Land Development Agency JP."

**KEY WORDS:** SOLAP, GIS, ArcGIS, OLAP, decision support, spatial data cube, urban planning, infrastructure facilities

### UVOD

Od polovine dvadesetog veka ljudi koji se bave geografijom pokušavaju da mnoštvo sakupljenih informacija urede u određene sisteme kako bi se odnosi među elementima tih sistema lakše posmatrali, analizirali i modelovali. Prodor matematike i statistike u geografiju je dao značajan podstrek tim naporima, tako da je sredinom pedesetih godina dvadesetog veka nastupila tzv. "kvantitativna revolucija" koja je uvela matematičko-statističke metode i modele u geografiju. Upotreba računara i informacionih tehnologija je dovela do daljeg progressa u oblasti geografije, jer su korišćeni za čuvanje, klasifikovanje i obradu geografskih podataka, a potom, sa pojavom digitalnih mapa i za njihovo vizuelno prezentovanje. Geografski informacioni sistem (GIS) predstavlja informacioni sistem za prikupljanje, pakovanje, proveru, analizu, modelovanje i prikazivanje informacija referentno vezanih za zemlju.

### PROSTORNI PODACI

Podaci, kao sirovi materijal koji se koristi za stvaranje informacija, predstavljaju ključni element u procesu donošenja odluka. Međutim, takvi podaci nisu u potpunosti iskorišćeni, jer je njihova prostorna komponenta često skrivena. Skrivena geografska komponenta može biti pridružena određenom mestu ili lokaciji kao npr. : adresa, poštanski kod, GPS lokacija, region, država i sl. Procenjuje se da je oko 80 % svih podataka uskladištenih u bazama podataka raznih kompanija povezano sa prostorom i za koje se položaj, oblik, orijentacija i veličina mogu opisati prostornim komponentama. Predstavljanje odre-

đene pojave primenom prostorne komponente omogućava korisniku da je jasnije sagleda, tj. vizuelno je locira na određenoj teritoriji, primeti njeno širenje ili razvoj i u zavisnosti od toga preuzme određene korake u sprečavanju daljeg širenja. Takođe, analiza prostornih podataka omogućava predviđanje budućih pojava, kao i razvoj strategije za efikasno i pravovremeno delovanje u budućnosti.

### OGRANIČENJA GIS-A ZA PRIMENU U PROCESU ODLUČIVANJA

GIS se primenjuje u aplikacijama za podršku odlučivanju duže od decenije, posebno za podršku odlukama koje su visoko strukturirane, koje se ponavljaju i koje se mogu programirati. Međutim, ovakve aplikacije ne zadovoljavaju u potpunosti odluke visokog nivoa, tj. one odluke koje zahtevaju relevantne i sumirane informacije. Odluke koje zahtevaju blagovremene informacije o analizi trendova, o uzajamnom uticaju nekoliko pojava i o njihovom rasprostiranju u prostoru i vremenu, treba da budu donete korišćenjem nekoliko različitih softverskih proizvoda. Korišćenjem samo GIS tehnologije nemoguće je premestiti „analitički jaz“. Prvo, u procesu donošenja odluka, korisnici treba da se fokusiraju na rezultate analize, a ne na sam proces analize (npr. fokusiranje na ono „što se dobija“, a ne na „kako to dobiti“). Drugo, za efikasnu podršku u procesu odlučivanja, aplikacije treba da omogućе korišćenje podataka na isti način kao što ljudska bića razmišljaju i analiziraju. Od aplikacija za donošenje odluka se zahteva visok nivo prilago-

denosti za korisnike, brzina i interaktivnost, što današnje GIS aplikacije još uvek ne obezbeđuju.

Uprkos mnogim interesantnim sposobnostima za prostornu analizu, GIS, ako se koristi zasebno, nije pogodan za aplikacije za donošenje odluka. Potreban je alat koji je baziran na strukturi višedimenzionalne baze podataka i koji ispunjava zahteve vezane za brzinu i jednostavnost upotrebe. Takav alat postoji u oblasti poslovne inteligencije (*BI - Business Intelligence*) i definisan je kao OLAP (*On-Line Analytical Processing*) alat, ili alat za direktnu analitičku obradu podataka.

### DIREKTNA ANALITIČKA OBRADA PODATAKA (OLAP)

OLAP je kategorija alata za podršku u procesu odlučivanja, koji se koriste da na efikasan i intuitivan način obezbede pristup skladištima (*Data Warehouse*) i tržištima podataka (*DataMarts*). Najpoznatiji komercijalni proizvodi iz ove oblasti uključuju *Microsoft Server Analysis Services*, *Cognos Powerplay*, *MicroStrategy*, *Business Objects* i *Oracle OLAP*. OLAP pristup podržava iterativnu prirodu analitičkog procesa, tako što korisnicima omogućava istraživanje i ispitivanje različitih dimenzija na različitim nivoima detaljnosti. OLAP omogućava pristup svim mogućim kombinacijama istraživanja podataka ili pogledima na podatke, olakšavajući nastanak novih hipoteza i podstičući otkrivanje znanja. Brzina i jednostavnost su dva osnovna uslova za donosiocel odluka da bi održali tok misli pri donošenju ili proveravanju hipoteza. Prvo, analitičar radi direktno sa podacima i fokusira se na rezultate analize, pre nego na procedure koje zahteva alat da bi izvršio analizu. Drugo, postupak je brz jer su podaci prikupljeni unapred. Vreme potrebno za izračunavanje je skraćeno i dobijaju se brzi odgovori na složene upite.

### ZAŠTO POSTOJEĆI OLAP ALATI NISU EFIKASNI U KORIŠĆENJU PROSTORNIH PODATAKA U DONOŠENJU ODLUKA?

Alati iz oblasti poslovne inteligencije, kao OLAP, obično koriste prikupljene tj. agregirane podatke. Pored toga, za razliku od GIS-a, oni u potpunosti podržavaju podatke vezane za vreme, jer vreme predstavlja ključni element u procesu odlučivanja. Današnji OLAP alati, iako su pogodni za podršku odlučivanju, nisu prilagođeni za obradu prostornih podataka, jer ne koriste u potpunosti geometrijske karakteristike kartografskih objekata. U stvari, prostorne informacije se tretiraju kao bilo koja druga opisna dimenzija i od podataka se za prostornu analizu koriste samo imena lokacija (npr. imena zemalja, oblasti, regiona, gradova ...). Shodno tome, OLAP alati poseduju značajna ograničenja pri analizi prostorno-vremenskih baza podataka (ne postoje prostorna vizuelizacija, prostorna analiza, ispitivanje podataka zasnovano na mapama itd.).

Vizuelizacija podataka olakšava izvlačenje zaključaka, tako što nudi bolje razumevanje strukture i uzajamnog odnosa podataka. Ovo naročito prevladava kod pojava koje se prostiru na određenoj teritoriji, samim tim kod prostornih podataka.

Neposedovanjem mogućnosti kartografskih prikaza i prostornih operatora, OLAP alati su ukraćeni za suštinsku funkciju.

Postojeći alati, kao sistemi za upravljanje bazama podataka, GIS i OLAP mogu koristiti različite tipove podataka (geometrijske ili negeometrijske, grupisane ili detaljne), ali potrebna je tehnologija koja će moći optimalno da ispuni zahteve neophodne za podršku u odlučivanju sa prostornom komponentom.

### SPAJANJE GIS I OLAP TEHNOLOGIJE

Da bi se nadoknadio nedostatak funkcionalnosti pri pojedinačnom korišćenju GIS i OLAP tehnologija, potrebno je razviti novi tip aplikacije. Najbolje rezultate je, među mogućim rešenjima, pokazalo spajanje prostornih (GIS) i neprostornih tehnologija (OLAP). Postoje tri pravca razvoja integrisanih aplikacija :

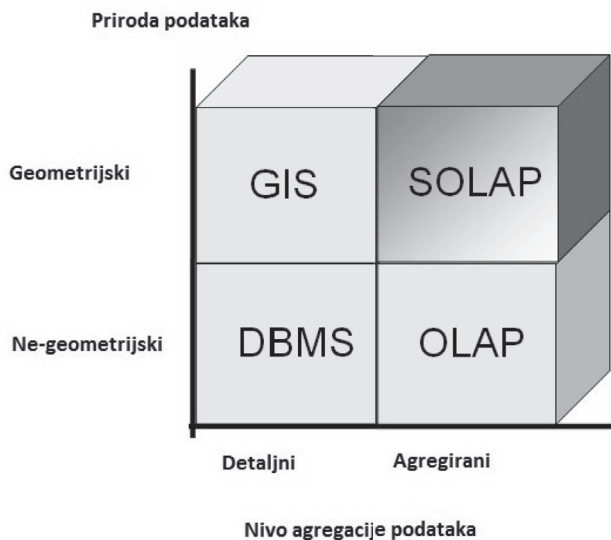
- 1) OLAP orijentisana rešenja
- 2) GIS orijentisana rešenja
- 3) Potpuno integrisano rešenje koje nudi podjednaku GIS i OLAP funkcionalnost.

OLAP funkcije se mogu implementirati bilo korišćenjem višedimenzionalnih baza podataka podržanih OLAP serverom, bilo relacionim (ili objektno-relacionim) sistemima za upravljanje bazama podataka, uz upotrebu šema u obliku zvezde, pahuljice ili sazvežđa. Prednosti korišćenja OLAP servera za opisne delove uključuju pristup funkcijama agregacije i optimizovani pristup podacima, koji povećavaju brzinu analize kada se radi sa velikim količinama podataka. Kada se radi sa manjim količinama podataka, simulacija OLAP servera pomoću višedimenzionalne strukture (npr. šema zvezda), može se ispostaviti kao vrlo povoljno rešenje, jer izračunavanje agregacije se može vršiti na selektivan način i kontrolisati pomoću SQL upita. Kartografske funkcije se mogu primeniti pomoću GIS-a ili alata za vizuelizaciju.

OLAP orijentisana rešenja koriste sve mogućnosti koje pruža OLAP server i samo deo funkcionalnosti koje nudi GIS (npr. prikaz na mapi). GIS orijentisana rešenja koriste sve funkcionalnosti GIS-a i samo pojedine OLAP funkcije (u većini slučajeva koriste relacionu bazu podataka sa višedimenzionalnom strukturom kao što je šema zvezda, umesto OLAP servera). Nasuprot tome, integrisana rešenja nude potpunu funkcionalnost OLAP i GIS tehnologija ugrađenih u specifično okruženje, obično kao jedinstvena aplikacija. Integracijom OLAP i GIS tehnologija su postale raspoložive OLAP funkcije (prostorna, vremenska i opisna), prostorna i vremenska analiza i sinhronizacija mapa, tabela i grafičkog prikaza. Ova nova tehnologija se može smatrati kao „tehnologija orijentisana ka prostornim podacima“, pošto se za istraživanje i analizu koriste prostorne veze.

Složenost i naporan rad koji su potrebni za razvoj integrisanih aplikacija utrlj su put za pojavu nove kategorije softvera koja je više prilagođena prostorno-vremenskim istraživanjima i analizi podataka. Na vizionarskoj prezentaciji na Kanadskom Institutu za Geomatiku u Montrealu 1997. godine, Bedard je

definisao ovu novu kategoriju kao SOLAP (Spatial OLAP), tj. prostorni OLAP. Osam godina kasnije, nakon značajnih istraživačkih projekata i brojnih eksperimenata sa kombinovanim GIS i OLAP tehnologijama, njegova vizija takvog integrisanog rešenja postaje stvarnost. Prednosti korišćenja SOLAP tehnologije su različite za istraživanje, obradu i ažuriranje podataka. Blok koji je nedostajao je popunjen (sl.1).



Slika 1. – Položaj SOLAP tehnologije obzirom na prirodu i nivo agregacije podataka

### INTEGRISANO REŠENJE – SOLAP

SOLAP se može definisati kao vizuelna platforma projektovana specijalno za brzu i laku analizu prostorno-vremenskih baza podataka i istraživanje podataka koji slede višedimenzioni pristup sastavljen od nivoa agregacije dostupan u obliku dijagrama, kao i u kartografskom i tabelarnom prikazu (Bedard 2004.g.).

SOLAP tehnologija podržava:

- 1) Višedimenzionalnu strukturu podataka koja se koristi u alatima za poslovnu inteligenciju, a koja ima ogromnih prednosti u odnosu na postojeće aplikacije sa mapama, koje su, iako poseduju izvesnu podršku za izvlačenje podataka, bazirane na transakcionoj strukturi.
- 2) Kartografske i ne-kartografske dinamičke prikaze sa višedimenzionalnim podacima. Ovakav dinamički aspekt omogućava korisniku da kreira stotine i hiljade prikaza (mape, tabele i dijagrame) koristeći istu grupu podataka, bez potrebe da pojedinačno skladišti svaki prikaz.
- 3) Prostorne dimenzije gde su članovi pridruženi geometrijskim oblicima prostorno referenciranim na mapi tako da omogućavaju vizuelizaciju, postavljanje upita i izvlačenje podataka. Ove prostorne dimenzije se koriste da interaktivno prikažu podatke na kartografskim prikazima, tabelama i dijagramima. Prikaz koji se obezbeđuje nije statički, već interaktivan.

- 4) Kartografska istraživanja na objektima i simbolima na mapi korišćenjem raznih načina za izvlačenje prostornih podataka (slično hiperlinkovima na Internet stranicama).
- 5) Pravila grafičke simbologije (boja, granice i senčenje) se koriste u svim prikazima (tabele, mape i grafika) da bi se obezbedio adekvatan prikaz podataka.
- 6) Konzistentnost grafičke simbologije između tipova prikaza dozvoljava lakše obeležavanje relevantnih informacija.
- 7) Sinhronizacija interaktivnih istraživanja na prikazima olakšava identifikaciju i interpretaciju podataka. Izborom i ispitivanjem podataka na mapi, menja se takođe i prikaz u odgovarajućim tabelama i dijagramima. Ovaj način sinhronizacije može biti ponuđen samo od strane potpuno integrisanog sistema koji upravlja sa obe komponente (OLAP i GIS).

### ARHITEKTURA SOLAP SISTEMA

Arhitektura SOLAP sistema, u opštem smislu, se sastoji od višedimenzionalno strukturirane prostorno-vremenske baze podataka, SOLAP servera i SOLAP klijenta. Prostorno-vremenska baza podataka sadrži geometrijske podatke kojima su pridružene prostorne dimenzije i prostorne mere. SOLAP server obrađuje prostorno-vremenske višedimenzionalne baze podataka i izvršava numeričke i prostorne kalkulacije potrebne za dobijanje vrednosti mera koje su pridružene mogućim kombinacijama članova dimenzija.

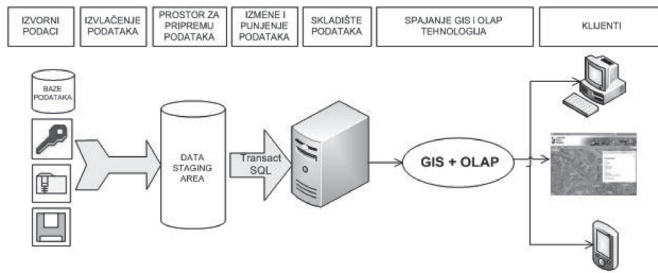
### KOMPONENTE SOLAP SISTEMA

Arhitektura SOLAP sistema za podršku odlučivanju se sastoji iz različitih komponentata, koje nude visok stepen fleksibilnosti i skalabilnosti. Resursi koji čine strukturu takvog sistema su: podaci/informacije, hardver, softver i ljudi koji obavljaju određene zadatke. Arhitekturu SOLAP sistema predstavljaju:

- Izvorni podaci
- Prostor za pripremu podataka
- Skladište podataka
- Klijentski hardver/softver

Izvorni podaci su informacije koje se koriste za skladišta prostornih podataka i sastoje se iz dva dela : 1) osnovni GIS podaci i 2) dodatni podaci specifični za aplikacije. Osnovni GIS podaci su kartografski podaci koje čine : orto-foto snimci, ucertani podaci o saobraćaju, geologiji, državnim ustanovama, katastru, hidrografiji i sl. Dodatni podaci su oni koji se koriste za određene aplikacije, kao npr. podatak o gustini naseljenosti u određenom području i sl.

Pre nego što se podaci uskladište u baze podataka, moraju se pripremiti tj. projektovati na određeni referentni sistem, geo-kodirati i dovesti u odgovarajuću formu za upis. U ovom procesu će se pojaviti različite vrste heterogenosti podataka, kao npr. : različiti formati podataka, tematska neslaganja, različitost u kodiranju, heterogenost referentnih sistema, različita preciznost, ponavljanje podataka itd. Da bi se rešili ovi problemi, podaci se prikupljaju u prostoru za pripremu podataka.



Slika 2. – Šematski prikaz komponenata SOLAP sistema

**MODEL SKLADIŠTA PROSTORNIH PODATAKA**

Zbog različitosti geografskih tipova podataka je proces modeliranja prostornih podataka vrlo složen. Modeliranje podataka je izraženo uzastopnim stanjima modela, koji simbolizuju različite nivoe apstakcije između snimljenih i stvarnih podataka.

Višedimenzionalni model treba da posluži kao osnova za projektovanje modela skladišta podataka i pomogne u procesu prevođenja prostornih koncepata u formu dijagrama koja se može konvertovati u fizičku strukturu podataka i koji obezbeđuje osnovu za izvođenje analize podataka.

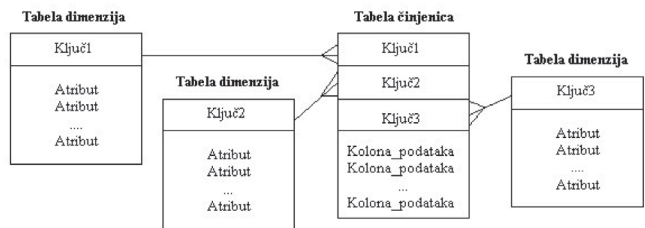
Model treba da obezbedi dve osnovne funkcije. Sa jedne strane, treba da ponudi mogućnost da se prikaže svaka značajnija izmena na objektima, dok sa druge strane model treba da sadrži bitne podatke, kako bi se dobili što kvalitetniji rezultati upita.

Modeliranje postupaka prikazuje se dijagramom podataka koji prikazuje skladište podataka, tokove i procedure u organizaciji.

Prvi korak u modeliranju skladišta podataka predstavlja *dimenziono modeliranje* tj. identifikacija dimenzija i atributa koja podseća na klasično projektovanje upotrebom ER modela. U dimenzionom modeliranju se vrši odvajanje entiteta i atributa u tabele činjenica i dimenzija. Tabele činjenica (nazivaju se još i glavne tabele) sadrže kvantitativne, numeričke ili činjenične podatke, koji se nazivaju *mere*. Tabele dimenzija (nazivaju se još i sporedne tabele) su po veličini manje i sadrže deskriptivne podatke o podacima iz tabele činjenica, koji se nazivaju *dimenzije*.

Pod dimenzijom se podrazumeva specifična dimenzija u n-dimenzionom prostoru, tj. specifičan pogled na skup transakcionih podataka. Element (“član dimenzije”) je određena vrednost na odgovarajućoj koordinati, odnosno način na koji se iskazuje vrednost na koordinati. *Mere* su veličine čija se vrednost prati u tačkama n-dimenzionog apstraktnog prostora.

Koncept višedimenzionalnog modela skladišta podataka najbolje se može prikazati šemom „zvezda“. Na slici 3. zvezdasta šema je predstavljena tabelom činjenica u centru zvezde, koja je okružena tabelama dimenzija. Svaka dimenziona tabela ima svoj primarni ključ, a svi oni učestvuju u stvaranju primarnog ključa tabele činjenica. Tabele činjenica sadrže podatke koji su, najčešće, numeričkog tipa i mogu sadržati veliki broj zapisa.



Slika 3. – Opšti model jednostavne zvezdaste šeme

**CASE STUDY : PRAĆENJE IZGRADNJE INFRASTRUKTURNIH OBJEKATA U BEOGRADU**

U nastavku će biti predstavljen primer moguće primene SOLAP tehnologije u slučaju praćenja izgradnje infrastrukturnih objekata u Beogradu.

Izgradnja infrastrukturnih objekata u Beogradu se vrši pod nadzorom Sektora za izgradnju i nadzor Direkcije za građevinsko zemljište i izgradnju Beograda J.P.

Direkcija za građevinsko zemljište i izgradnju Beograda J.P. osnovana je, kao javno preduzeće, odlukom Skupštine grada Beograda 1. januara 1995. Godine. Delatnost Direkcije obuhvata upravljanje, uređivanje, opremanje i unapređenje gradskog građevinskog zemljišta i objekata od značaja za Beograd. Direkcija priprema programe uređivanja gradskog građevinskog zemljišta i izgradnje magistralnih i drugih objekata komunalne infrastrukture, kao i studije, analize, ekspertize i konkurse za potrebe rešavanja specifičnih prostornih, infrastrukturnih i drugih problema uređenja grada. Obračunava elemente za utvrđivanje naknade i zakupa za uređivanje građevinskog zemljišta i obavlja druge poslove na uređivanju građevinskog zemljišta. Za potrebe investitora priprema informacije o svim potencijalnim lokacijama, potrebnu dokumentaciju, podloge i elaborate za davanje u zakup zemljišta.

Sektor za izgradnju i nadzor obavlja sledeće poslove u Direkciji :

- učestvuje u izradi srednjoročnih, godišnjih i operativnih programa
- priprema tendera za izvodjenje radova sa izradom opštih i posebnih uslova
- izrada presečnih, predkonačnih i konačnih obračuna
- rad na pripremi elemenata i učestvovanje u izradi ugovora o izvodjenju radova
- praćenje realizacije ugovora
- koordiniranje izgradnje objekata na područjima i lokacijama
- saradnja sa javnim komunalnim preduzećima u vezi sa izgradnjom objekata
- organizovanje tehničkih pregleda
- vršenje nadzora na izgradnji svih vrsta objekata po programu Direkcije i ugovorima.

U cilju što efikasnijeg izvršavanja navedenih aktivnosti, u Sektoru za nadzor i izgradnju je kreirana Web aplikacija **NADZOR**, koja se koristi za upis i izmene podataka o infrastrukturnim objektima u Beogradu.

Postojeća *web* aplikacija ne sadrži prostornu komponentu, tj. trenutno nije moguće na mapi prikazati položaj objekata koji se grade. Ideja je da se kroz novu aplikaciju omogući vizuelni prikaz objekata i izborom određenog objekta dobiju sumirani podaci o ugovorima, aneksima, situacijama i sl.

U projektu izrade SOLAP rešenja tj. skladišta prostornih podataka, za primer „Praćenje izgradnje infrastrukturnih objekata u Beogradu“ potrebno je, pored alfanumeričkih podataka izabrati, prikupiti i analizirati i prostorne podatke.

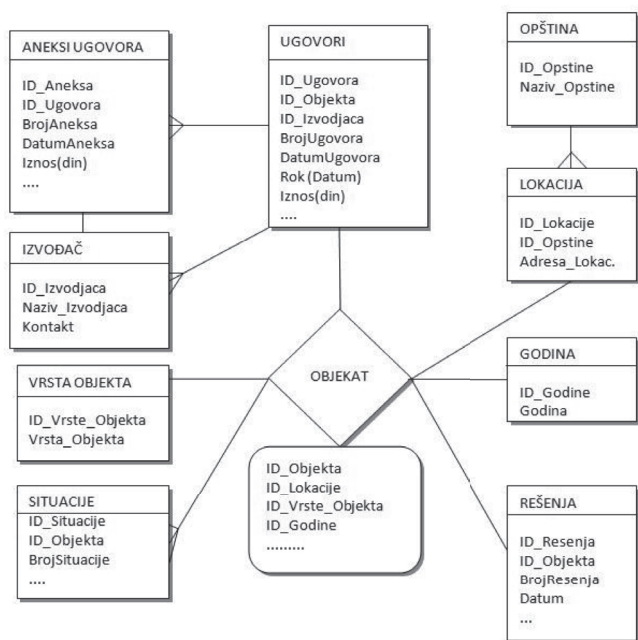
Podaci tj. entiteti, koji se odnose na izgradnju infrastrukturnih objekata, a koje bi trebalo uzeti u obzir pri projektovanju ovakvog projekta, mogu biti : godine, opštine, vrste objekata, zone grada (bitne za naplatu naknade za građ.zemljište), urbanistički projekti, urbanistički planovi itd. Navedeni podaci se kasnije mogu iskoristiti kao dimenzije kocke podataka.

Podaci o objektima koji se nalaze u bazi su za 2007, 2008, 2009, i 2010.godinu, a podaci o urbanističkim planovima su podeljeni na period pre i posle 2003.godine.

U bazi podataka se nalaze podaci za sedamnaest beogradskih opština : Lazarevac, Obrenovac, Mladenovac, Grocka, Barajevo, Sopot, Voždovac, Zvezdara, Vračar, Palilula, Savski Venac, Stari Grad, Čukarica, Rakovica, Zemun, Surčin, Novi Beograd.

Sektor za izgradnju i nadzor, Direkcije za građevinsko zemljište, vrši nadzor i vodi evidenciju o sledećim vrstama infrastrukturnih objekata : vodovod, kanalizacija, saobraćajnice, stanovi, urbanistički planovi, slobodne površine, groblja.

Višedimenzionalni model sa prostornim elementima za slučaj SOLAP aplikacije - “Praćenje izgradnje infrastrukturnih objekata u Beogradu”, mogao bi da izgleda kao na slici 4. Za svaki objekat postoje sledeći podaci : o objektu, ugovoru, aneksima ugovora, situacijama, rešenju itd.



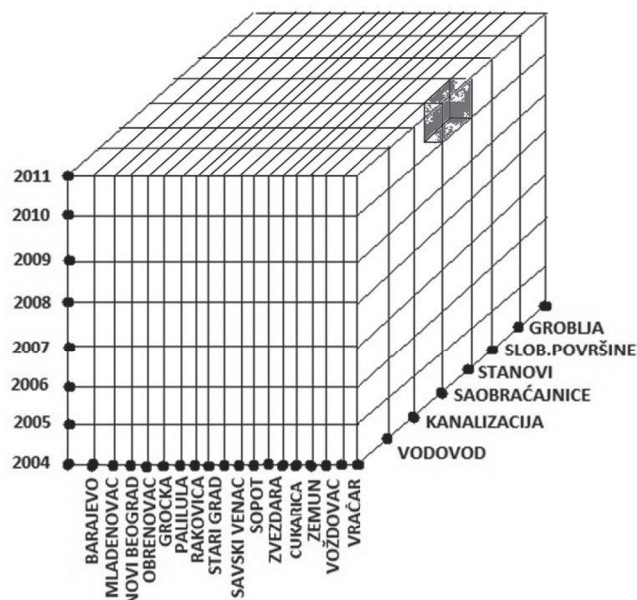
Slika 4. – Šema višedimenzionalnog modela sa prostornim elementima za SOLAP aplikaciju

U šemi tipa „zvezda“ na slici 4. tabela „OBJEKAT“ predstavlja *tabelu činjenica*, dok su tabele koje je okružuju *tabele dimenzija* (OPŠTINA, LOKACIJA, VRSTA OBJEKTA, REŠENJA, IZVOĐAČI itd.)

Svaki od objekata može pripadati jednoj ili više opština, a radovi na izgradnji mogu trajati više godina. Analiza treba da, između ostalog, prikaže podatke o izgradnji objekata po opštinama u određenim vremenskim intervalima.

SOLAP rešenje treba da omogući korisnicima brz i fleksibilan pristup podacima i predstavlja nadgradnju skladišta prostornih podataka.

Višedimenzione strukture se najbolje vizuelizuju kao *kocke podataka* i kao kocke u kockama podataka. Svaka strana kocke se naziva dimenzijom. Dimenzija predstavlja kategoriju podataka, kao što su vrsta objekta, opština, godina itd. Svaka ćelija kocke sadrži agregirane podatke koji su u vezi sa dimenzijama. Na primer, jedna ćelija može sadržati podatke o ukupnim investicijama za datu vrstu objekta u određenoj opštini u toku jedne godine.



Slika 5. – Primer kocke podataka za proces „Praćenje izgradnje infrastrukturnih objekata u Beogradu“

Kocka podataka prikazana na prethodnoj slici ima dimenzije : Godina, Opština, Vrsta objekta.

Svaka mala kockica nastala podelom velike kocke na podočke, može sadržati podatke o objektima, njihovom ukupnom broju (po opštini, vrsti i godini), zatim podatke o planiranim investicijama za svaki od njih i sl.

Na slici 5. na prikazanoj velikoj kocki je osenčena mala kocka, koja bi trebalo da prikaže podatke o izgrađenim saobraćajnicama na opštini Vračar u 2010.godini.

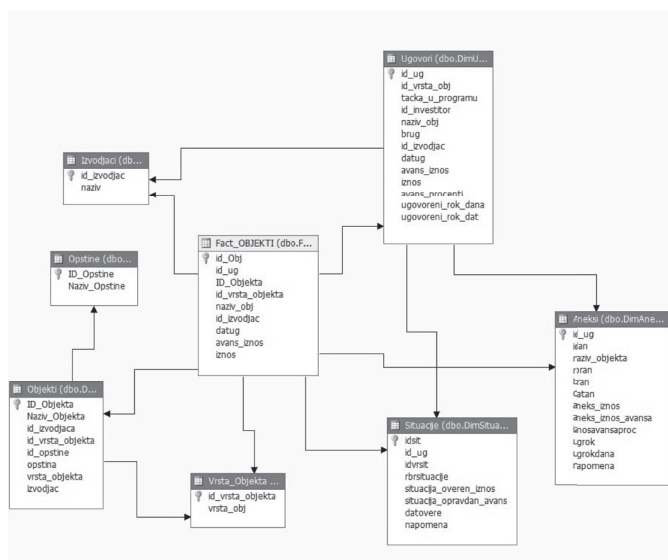
Za realizaciju i implementaciju SOLAP projekta koristeće se sledeći softverski alati : *SQL Server Management Studio*, *SQL Server Business Intelligence Development Studio*, *Microsoft Visual Studio 2008 (VS 2008)*, *Dodatne web komponente za mape i OLAP za VS 2008 (OLAP Services)*, *ArcMap*, *ArcCatalog*, *ArcSDE*.

Microsoft SQL Server Analysis Services (SSAS) je alat koji obezbeđuje primenu OLAP koncepta, omogućavajući korisniku da projektuje, kreira i upravlja višedimenzionalnim strukturama koje sadrže agregirane podatke preuzete iz drugih izvora podataka, prvenstveno relacionih baza podataka i time u znatnoj meri olakšava kreiranje naprednih OLAP i Data Mining rešenja.

Proces projektovanja skladišta podataka tj. kocke podataka započinjemo kreiranjem novog Analysis Services Project-a u okviru SQL Server Business Development Studio-a. Prvi korak predstavlja određivanje izvora podataka. Zatim kreiramo pogled na podatke, koji donosi metapodatke, tj. podatke o tabelama, pogledima i vezama među tabelama. Nakon izbora tabela dobija se dijagram tabela koje čine pogled na podatke „INFRASTRUKTURNI OBJEKTI.dsv“.

U fazi projektovanja se može videti kako je pogled na podatke interpretirao metapodatke i na koji način su podaci povezani. Pregledom dijagrama se možemo uveriti da su podaci relaciono povezani na način koji će omogućiti njihovo dobro povezivanje u OLAP strukturu.

Zatim, na osnovu izabranog pogleda na podatke i odgovarajućih tabela, pomoću *wizarda*, kreiramo kocku podataka. (Slika 6).



**Slika 6.** – Dijagram tabela činjenica i dimenzija koje učestvuju u izgradnji kocke podataka “INFRASTRUKTURNI OBJEKTI.cube”

Nakon uspešno kreirane kocke podataka, kreiramo hijerarhiju Dim Opštine – Dim Objekti, u četiri nivoa : Opštine – Vrsti objekta – Naziv Objekta – Izvođač.

Na kraju je potrebno izvršiti procesiranje podataka pri čemu Microsoft Server Analysis Services (SSAS), prepisuje podatke iz Microsoft SQL Server OLTP baze podataka i podatke prilagođava za OLAP analizu, prema pravilima i hijerarhijama koje smo prethodno uspostavili.

Kada je kocka fizički formirana kao nova OLAP baza podataka, podaci se mogu analizirati u okviru *browser*-a koji je sastavni deo Microsoft SQL 2005 BI Development Studio-a.

Ovim bi bio završen projekat analitičkog servisa i kreiranje kocke podataka “INFRASTRUKTURNI OBJEKTI”. Sada su podaci spremni za povezivanje sa *web* aplikacijom “SOLAP”.

Za kreiranje aplikacije koristiće se softverske pakete ArcGIS kompanije ESRI i Microsoft Visual Studio 2008.

### ARCMAP

ArcMap predstavlja osnovnu komponentu ESRI-jevog ArcGIS paketa za geoprostorno procesiranje podataka i prvenstveno se koristi za pregled, izmene, kreiranje i analizu geoprostornih podataka. GIS alat ArcMap omogućava korisnicima da istražuju podatke unutar skupa podataka, da podatke obeležavaju simboli-ma i kreiraju nove mape.

Geografski podaci su u okviru ArcMap-a organizovani po slojevima. Tako, na primer, možemo dodati slojeve koji predstavljaju beogradske opštine, regulacione planove i sl. A koji se nalaze u shape fajlovima (ekstenzija *.shp*). Za potrebe SOLAP aplikacije dodaćemo novi sloj “Infrastrukturni objekti”, koji ucrtavamo u okviru alata ArcMap.

Na osnovu crteža iz AutoCAD-a ucrtavamo objekte čiju izgradnju investira “Direkcija za građevinsko zemljište i izgradnju Beograda J.P.” tako što ih georeferenciramo preko uključenog sloja opština, kako bi zauzele tačan položaj u izabranom koordinatnom sistemu.

### ARCSDE

ArcSDE (*Spatial Database Engine*) je softver firme ESRI koji omogućava upravljanje relacionim bazama prostornih podataka. Prostorni podaci, zatim, mogu biti korišćeni kao deo baze prostornih podataka. ArcSDE je deo ArcGIS familije softverskih proizvoda, koja integriše geografske upite, kartografiju, prostornu analizu i izmene unutar višekorisničkog DBMS okruženja.

ArcSDE omogućava preduzećima da pređu sa tradicionalnog pristupa – upravljanje zasebnim skupovima geografskih podataka, na integrisano okruženje u kojem će se prostornim podacima upravljati kao i u običnim bazama podataka i koje su dostupne celoj organizaciji i lako ih je objaviti na Internetu.

Pomoću dodatnih komponenti u okviru alata Microsoft Visual Studio 2008. povezujemo mapu i OLAP komponente sa web aplikacijom, tako što importujemo podatke iz *shape* fajla u web komponente. Time smo ostvarili vezu prostornih podataka sa kockom podataka i omogućili brzi prikaz sumiranih informacija u okviru SOLAP aplikacije.

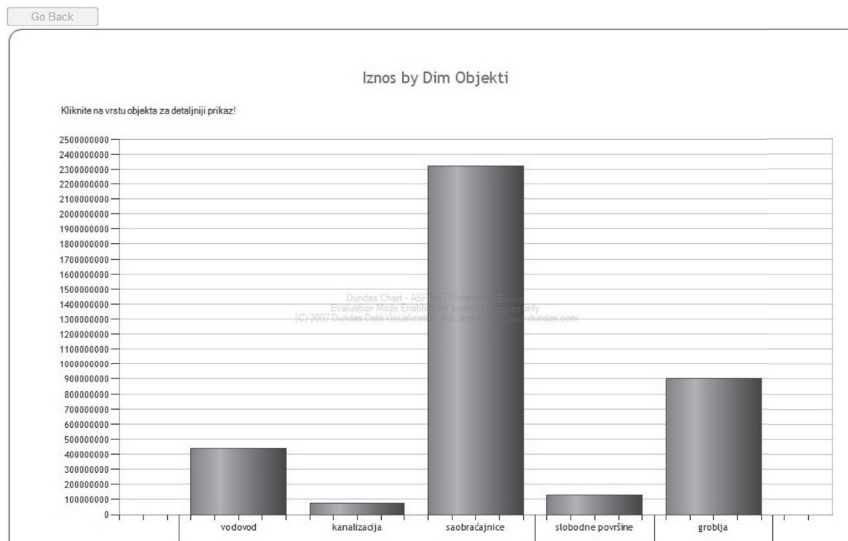
Zahvaljujući dodatnim web komponentama i ranije kreiranoj hijerarhiji, jednostavnim klikom na opštinu na mapi, omogućen je grafički prikaz iznosa osnovnih ugovora po vrstama objekta za izabranu opštinu. (Slika 7.)

Klikom na vrstu objekta, vrši se tzv. *Data Mining* tj. kopanje podataka, i dobija se grafički prikaz vrednosti osnovnog ugovora za svaki pojedinačni objekat izabrane vrste. (Slika 8.)

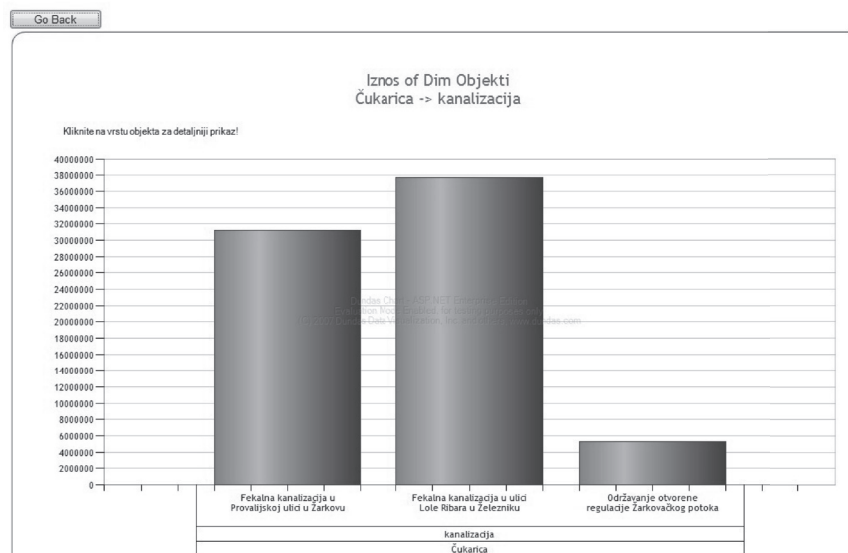
U još detaljnijem prikazu, izborom samo jednog objekta, prikazuje se i naziv izvođača pored naziva objekta, vrste objekta i naziva opštine.

### ZAKLJUČAK

Zahvaljujući kombinaciji prostornih podataka i OLAP tehnologije, omogućena je vrlo brza i efikasna vizuelna analiza



Slika 7. – Prikaz iznosa osnovnog ugovora prema vrstama infrastrukturnih objekata za izabranu opštinu



Slika 8. – Data Mining - Prikaz iznosa osnovnog ugovora za izgrađene objekte na opštini Čukarica i vrstu objekata - kanalizacija

velike količine sumiranih i agregiranih podataka, što je i cilj SOLAP projekata.

Od OLAP tehnologije koja se odnosi na prostorne podatke (SOLAP), se očekuje da bude pravac u kojem će se odvijati istraživanja i razvoj u narednim godinama. Razvoj novih tehnologija za baze prostornih podataka i prostorni OLAP, selektivna materijalizacija ostalih prostornih mera zasnovana na objektima, uključujući veze i položaj u prostoru, efikasna skladišta i indeksiranje određenih kocki sa prostornim podacima i integracija prostorne OLAP tehnologije sa prostornim data mining konceptom su interesantne oblasti za buduća istraživanja.

Integracija GIS-a i OLAP-a u tzv. Spatial OLAP donosi sledeće prednosti :

1. Intuitivan korisnički interfejs koji omogućava jednostavan pristup prostornim podacima
2. Najbrži način za pristup agregiranim podacima
3. Otkrivanje zakonitosti i pojava u prostoru (paterna), koje ne bi bilo moguće uočiti korišćenjem samo OLAP tehnologije.

REFERENCE

[1] Bedard, Y., 2004. "Improvement of decision-support capabilities of GIS by using a SOLAP", [http://www.kheops-tech.com/en/jmap/doc/WP\\_JMap\\_SOLAP.pdf](http://www.kheops-tech.com/en/jmap/doc/WP_JMap_SOLAP.pdf), septembar 2010.

[2] Wrembel R., Koncilia C. : "Data Warehouses and OLAP: Concepts, Architectures and Solutions", IRM Press, 2007.

[3] Nogueras J., Zarazaga F.J, Muro-Medrano P. : "Geographic Information Metadata for Spatial Data Infrastructures", SPRINGER , 2005.



sc Mirsad Agović dipl.inž.  
 Kontakt: mirsad.agovic@gmail.com  
 Direkcija za građevinsko zemljište i izgradnju Beograda J.P.  
 Oblasti interesovanja: GIS (ESRI alati), baze podataka (SQL, MySQL), razvoj web aplikacija (ASP.NET, C#, PHP...)