

Integracija CAD i GIS tehnologije za potrebe izrade informacionih sistema objekata korišćenjem ARCGIS-a

JELENA M. CVETINOVIĆ, doktorant, Univerzitet u Beogradu,
Građevinski fakultet, Beograd
ZAGORKA I. GOSPAVIĆ, Univerzitet u Beogradu,
Građevinski fakultet, Beograd
MILUTIN M. PEJOVIĆ, Univerzitet u Beogradu,
Građevinski fakultet, Beograd

Stručni rad
UDC: 004.42ARCGIS

U okviru rada daće se osnovne definicije i značaj primene informacionih sistema za potrebe održavanja objekata, objasniće se pojmovi Facility management i životni ciklus objekata. Akcenat u radu dat je integraciji CAD i GIS tehnologije u okviru softverskog paketa ArcGIS u cilju objedinjavanja različitih formata podataka radi kreiranja jedinstvenog informacionog sistema objekata.

Ključne reči: FM, CAD, GIS, integracija, prostorni ETL

1. UVOD

Razvoj tehnologije uslovio je i razvoj informacionih sistema u svim oblastima primene, uključujući i inženjersko-tehničke oblasti kao što su građevinarstvo i geodezija. Bez obzira o kojoj vrsti inženjerskih objekata je reč postojanje jedinstvenog informacionog sistema inženjerskog objekta od velike je važnosti u toku životnog ciklusa objekta.

Kako je geodezija struka koja manipuliše prostornim podacima i prisutna je tokom celokupnog životnog ciklusa objekta (od obezbeđivanja podloga za projektovanje, preko svih faza izgradnje objekta i praćenja objekta u eksploataciji) nameće se ideja o formiranju jedinstvene geoprostorne baze podataka. Ova baza podataka formirala bi se na osnovu podataka projekta izvedenog stanja i podataka dobijenih geodetskim snimanjem na terenu i predstavljala bi deo informacionog sistema objekta neophodnog za održavanje objekta (Facility management).

2. ODRŽAVANJE I ŽIVOTNI CIKLUS OBJEKATA

2.1. Održavanje objekata

Izgradnja i održavanje velikih stambeno-poslovn-

Adresa autora: Jelena Cvetinović, Univerzitet u Beogradu, Građevinski fakultet, Beograd, Bulevar kralja Aleksandra 73

Rad primljen: 13.11.2013.

Rad prihvaćen: 05.12.2013.

ih kompleksa i inženjerskih objekata uopšte, zahteva izradu obimne tehničke dokumentacije i angažovanje značajnih ljudskih, finansijskih i materijalnih resursa. Za objedinjavanje i koordinaciju zadataka i resursa pri izgradnji i održavanju objekata tokom njegovog životnog ciklusa primenju se savremene metodologije projektnog menadžmenta. [1]

Facility management (dalje, FM) je međunarodno priznat termin za upravljanje i održavanje objekata u eksploataciji. FM je multidisciplinarna profesija koja objedinjuje saznanja iz oblasti arhitekture, građevinarstva i drugih inženjerskih grana (geodezija, geologija, elektrotehnika, mašinstvo itd.), ekonomije, informacionih i komunikacionih tehnologija, organizacionih nauka, sociologije i estetike. Dakle, FM se bavi upravljanjem i održavanjem izgrađenih objekata u fazi eksploatacije kroz integraciju ljudi, mesta, procesa i tehnologija [2].



Slika 1 – Ključni učesnici FM-a [2]

Kao što se vidi sa slike 1, mesta predstavljaju fizički svet, procesi i tehnologija virtuelni svet a ljudi mentalni svet, odakle sledi da je FM spoj tri sveta – realnog fizičkog sveta, virtuelnog sveta i mentalnog sveta.

Spoj različitih disciplina kao što su tehnika, ekonomija, ekologija, zdravstvo, bezbednost, pravo omogućava da se u procesu upravljanja objektima (FM-a) nepokretnosti prate na tržištu tokom celokupnog životnog ciklusa (planiranje, izgradnja, eksploatacija, uklanjanje).

FM se može podeliti na integrisani FM (IFM) i tehnički FM u zavisnosti od toga da li se radi o sveobuhvatnom upravljanju i održavanju objekata ili je predmet FM-a određena tehničko-tehnološka celina objekta.

Primena FM-a ima za cilj da omogući:

- strateško, efikasno i precizno upravljanje izgrađenim okruženjem,
- optimizaciju performansi,
- poboljšanje kvaliteta,
- smanjenje troškova, kontrolu i transparentnost budžeta,
- kontrolu statusa procesa u bilo koje vreme i bilo kada [3].

Za operativne troškove u fazi eksploatacije objekta, na godišnjem nivou, potrebno je izdvojiti 1-5% od ukupne vrednosti objekta. Uvođenjem FM-a može se postići i do 30% ušteda u operacionim troškovima [3].

2.2. Životni ciklus objekata

Neophodno je definisati celokupan životni ciklus objekata i tokom eksploatacije, u cilju efikasnijeg održavanja i upravljanja objektima. Pored toga, treba imati u vidu da su u toku izgradnje investitori uložili značajna finansijska i materijalna sredstva i da je u njihovom interesu racionalno upravljanje objektima kako bi što brže povratili uložena sredstva.

Životni ciklus objekata sa stanovišta FM-a može se podeliti na šest karakterističnih faza koje su povezane u cikličnom procesu prikazanom na slici 2.



Slika 2 - Životni ciklus objekata sa stanovišta FM-a

Prva faza predstavlja definisanje potreba (Concept), traje 1 - 2 godine i tokom nje se vrši strateško planiranje, odnosno utvrđivanje potreba za izgradnjom nekog objekta i investicione isplativosti izgradnje.

Druga faza životnog ciklusa objekata je faza planiranja i projektovanja (Procure & Design). Ova faza kao i prethodna traje od jedne do dve godine u zavisnosti od objekta. Tokom faze planiranja i projektovanja vrši se izrada projektne (tehničke) dokumentacije i obezbeđuje pravni osnov za izgradnju.

Treća faza je faza izgradnje (Execution) i vremenski traje do 2 godine. Tokom ove faze traje izgradnja objekata i ugradnja celokupne opreme i instalacija.

Četvrta faza – useljenje i početak korišćenja (Commission) otpočinje izvođenjem tehničkog pregleda objekata i pribavljanjem upotrebnih dozvola. Traje od par meseci do jedne godine.

Faza pet predstavlja fazu eksploatacije (Utilize) koja traje 100 i više godina, i varira u zavisnosti od objekta.

Kraj životnog ciklusa objekta predstavlja šesta faza ili faza rušenja, uklanjanja i recikliranja (Closure/Renewal), i aproksimativno traje oko jedne godine.

3. ZNAČAJ FORMIRANJA INFORMACIONIH SISTEMA OBJEKATA I IZVORI PODATAKA O OBJEKTIMA

Značaj formiranja informacionih sistema za potrebe upravljanja objektima tokom celokupnog životnog ciklusa ogleda se u uspostavljanju bolje koordinacije među članovima projektnog tima i objedinjavanju svih delova tehničke dokumentacije i upravnih akata bez obzira na oblik i format podataka. Uspostavljanje informacionih sistema od velike je važnosti u slučaju kapitalnih objekata čija izgradnja traje duži niz godina i koji imaju dug projektovani životni vek.

U geodeziji, i generalno u inženjerstvu, za prikaz prostora koriste se CAD i GIS tehnologija. Iako i jedna i druga tehnologija manipulišu sa prostornim podacima i odnosima objekata u prostoru, postoji velika razlika u poređenju njihovih mogućnosti. CAD (Computer Aided Design) kao što mu i ime kaže je tehnologija za kompjuterski potpomognuto projektovanje, i u osnovi predstavlja alat za izradu tehničke dokumentacije u digitalnom obliku. Razvojem tehnologije razvijali su se i CAD sistemi, tako da sada pored osnovne uloge služe i kao osnova za razvijanje informacionih sistema objekata. Sa druge strane GIS (Geography Information System), predstavlja informacioni sistem o prostoru koji omogućava upravljanje, analiziranje i vizuelizaciju podataka o prostoru na svim nivoima i u svim razmerama. Integracija ova dva sistema omogućava formiranje informacionih sis-

tema u službi FM-a. Dalje u radu razmotriće se različiti izvori dostupnih podataka o objektima (i prostoru), integracija i konverzija CAD i GIS podataka u okviru ArcGIS softverskog paketa korišćenjem prostornog ETL-a, kao i formiranje geoprostorne baze podataka o objektima na osnovu raspoloživih podataka i alata softverskog paketa ArcGIS.

Dostupni izvori podataka o objektima mogu biti u različitim oblicima i formatima. Prva podela izvora podataka o objektima zasniva se na obliku dostupne tehničke dokumentacije koja može biti u analogna ili digitalna.

Dalje, izvori podataka o objektima mogu se podeliti na nestruktuirane i struktuirane podatke [4]. Tipičan primer nestruktuiranih podataka su analogni izvori podataka, ali i većina postojećih CAD crteža.

Za razliku od nestruktuiranih podataka struktuirani podaci su povezani u okviru modela podataka ili su deo nasleđene prostorne hijerarhije (npr., prostorije u okviru sprata u zgradi). Izvori struktuiranih podataka su prvenstveno CAFM¹, BIM² i GIS sistemi. Navedeni informacioni sistemi omogućavaju agregaciju i dekompoziciju podataka od najviših do najnižih nivoa u zavisnosti od potreba korisnika. Struktuirani podaci u okviru informacionih sistema omogućavaju krajnjim korisnicima upotrebu najrazličitijih upita kako bi došli do relevantnih podataka za svoje potrebe. Obzirom da GIS sistemi koriste XYZ vrednosti koordinata globalnog koordinatnog sistema, omogućeno je nasleđivanje prostorne hijerarhije za sve modelovane objekte u okviru informacionog sistema [2].

CAD izvori podataka. CAD (Computer Aided Design) je sistem hardvera i softvera koji koriste projektanti prilikom projektovanja i dokumentovanja objekata iz realnog sveta. CAD sistemi generišu digitalne podatke u vektorskom obliku koji imaju multidisciplinarnu primenu (građevinarstvo, geodezija, arhitektura). Skupovi CAD podataka mogu varirati u pogledu veličine, razmere i nivoa detaljnosti. CAD podaci mogu se podeliti na nestandardizovane CAD crteže i standardizovane CAD crteže. Nestandardizovani CAD crteži zahtevaju više vremena za obradu i pripremu za učitavanje u GIS sistem, odnosno geoprostornu bazu podataka. Obrada i priprema podataka ogleda se u identifikovanju lejera, zatim „čišćenju“ lejera od suvišnog sadržaja koji nije relevantan za potrebe informacionog sistema koji se kreira, razmatranju najboljeg dostupnog alata za integraciju CAD podataka u GIS okruženje i odabiru alata za integraciju i konverziju. Za rešavanje problema integracije i konverzije CAD i GIS podataka koristi se prost-

orni ETL³ Postupak integracije CAD podataka u GIS okruženje može biti veoma kompleksan u slučaju nestandardizovanih CAD podataka. Kad su u pitanju standardizovani CAD podaci postupak obrade i pripreme podataka je značajno redukovano u odnosu na nestandardizovane podatke obzirom da su podaci smešteni u odgovarajuće lejere prema unapred definisanim standardima i direktno se mogu učitati u GIS okruženje korišćenjem jednog prostornog ETL-a.

4. INTEGRACIJA CAD I GIS PODATAKA KORIŠĆENJEM PROSTORNOG ETL-A U OKVIRU ARCGIS SOFTVERA

Integracija CAD podataka u GIS okruženje odvija se po unapred definisanim šablonima. Jedan od uobičajenih šablona koji se koristi u okviru softverskog paketa ArcGIS nosi skraćenicu **PDLV** (slika 3) i sastoji se od:

- pripreme podataka (**Prepare Data**),
- kreiranja ciljnog modela podataka (**Design Target Data Model**),
- učitavanja podataka korišćenjem prostornog ETL-a (**Loading Data (ETL)**) i
- validacije podataka (**Validate Data (QA/QC)**) [3].



Slika 3 - PDLV dijagram toka [4]

Priprema podataka podrazumeva identifikaciju lejera, „čišćenje“ lejera od nepotrebnog sadržaja i proveru geometrije (npr., zatvaranje poligona) u CAD crtežima koji će naknadno biti učitati u GIS okruženje. Dalje, pod kreiranjem ciljnog modela podataka podrazumeva se definisanje (geo)prostorne baze podataka za smeštanje podataka i razmatranje mogućnosti baze podataka za upravljanje podacima sa staništa oblasti primene za koju se kreira informacioni sistem. Učitavanje prostornih podataka vrši se po Extract – Transform – Load principu na osnovu brojnih alata u okviru ArcGIS softvera direktnom metodom učitavanja klasa entiteta (Feature Class To Feature Class), upotrebom automatizovanih modela nastalih integracijom više alata u okviru Model Builder⁴-a ili, u slučaju velikih i kompleksnih skupova podataka, kreiranjem custom spatial ETL alata u okviru FME Workbench-a. Validacija podataka podrazumeva tipične provere kao što su: zatvaranje poligona, topologija, atributi, veze između entiteta. Za validaciju podataka može se koristiti ArcGIS Data Reviewer.

³ETL – Extract, Transform and Load

⁴ModelBuilder je aplikacija u okviru softverskog paketa ArcGIS za kreiranje i upravljanje modelima

¹CAFM – Computer Aided Facility Management

²BIM – Building Information Modeling

4.1. Prostorna ekstrakcija, transformacija i učitavanje podataka (prostorni etl)

Mogućnosti prostorne ekstrakcije, transformacije i učitavanja (ETL – Extract, Transform and Load) omogućavaju organizacijama da prevaziđu izazove u pogledu interoperabilnosti obezbeđujući tačne i dobro definisane prostorne podatke krajnjim korisnicima kada se za to ukaže potreba. Interoperabilnost predstavlja sposobnost dva ili više informacionih sistema da dele podatke, informacije ili mogućnosti procesiranja [5].

ETL omogućava:

- ekstrakciju prostornih podataka iz izvornog sistema,
- transformaciju podataka u format i model podataka koji zahteva ciljni sistem i
- učitavanje podataka u ciljni sistem [6].

Prilikom učitavanja CAD podataka direktno korišćenjem unapred definisanih alata u okviru softverskog paketa ArcGIS ili korišćenjem korisnički definisanih modela u okviru ModelBuilder-a, ekstrakcija podataka i transformacija se vrše „u letu“ čime ne dolazi do modifikacija ulaznog skupa podataka. Korišćenjem direktne metode učitavanja preko unapred definisanih alata podaci se učitavaju na mapu (map document u okviru ArcMap aplikacije) pri čemu je omogućeno korišćenje standardnih funkcija za manipulaciju podacima u okviru mape. Za naprednije analize i obradu podataka mora se izvršiti dodavanje podataka u postojeću geoprostornu bazu podataka (ili se mora kreirati nova geoprostorna baza podataka). Kod primene ModelBuilder-a u okviru modela integrišu se alati za ekstrakciju, transformaciju i učitavanje podataka sa alatima za obradu i eksportovanje prostornih podataka u geoprostornu bazu podataka.

4.2. Postupci i alati za direktnu konverziju CAD podataka u GIS okruženje

Obrada i analiza prostornih podataka u GIS okruženju vrlo često se baziraju na CAD skupovima podataka (CAD datasets) dobijenim na osnovu geodetskih merenja ili građevinskih i arhitektonskih projekata. Integracija ovih podataka u GIS okruženje može predstavljati kritični korak u procesu pojednostavljenja projektovanja i korišćenja GIS-a kao centralne baze prostornih podataka. Izbor načina integracije CAD podataka zavisi od konkretnih zahteva korisnika.

Bez obzira da li je cilj korisnika učitavanje CAD podataka u geoprostornu bazu podataka radi dalje obrade i analize podataka ili jednostavno preklapanje sa postojećim prostornim podacima u geoprostornoj bazi podataka radi vizuelizacije i validacije podataka,

svaki proces (workflow) integracije CAD podataka započinje sekvencom od četiri uobičajena zadatka:

- definisanje prostorne reference,
- dodavanje na mapu,
- georeferenciranje i
- podešavanje svojstava prikaza.

4.2.1. Struktura CAD i GIS podataka. definisanje prostorne reference

Definisanje prostorne reference podrazumeva definisanje kartografske projekcije, odnosno koordinatnog sistema u kom se nalaze prostorni podaci sadržani u CAD skupu podataka. ArcGIS koristi prostorne reference za projektovanje entiteta „u letu“. Takođe, linearne jedinice definisane kartografskom projekcijom (map projection) koriste se za merenje rastojanja i površina. Bez obzira da li se radi o georeferenciranom .dwg fajlu ili ne, neophodno je izvršiti dodeljivanje prostorne reference. Definisanje prostorne reference (defining spatial reference) vrši se u okviru Catalog prozora u ArcMap aplikaciji ili u ArcCatalog aplikaciji.

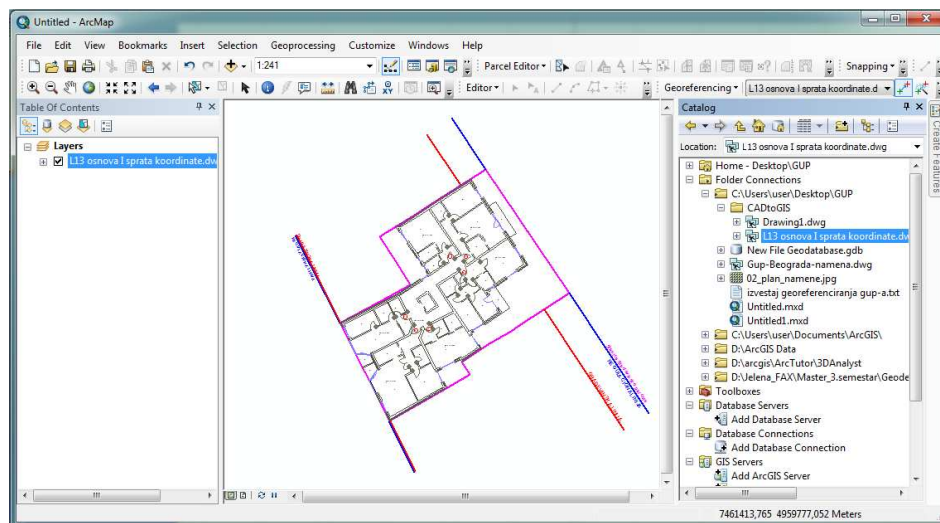
CAD podaci u ArcGIS-u smeštaju se u obliku CAD skupova podataka (CAD datasets), koji se sastoje od klasa entiteta (feature classes). Klase entiteta predstavljaju skupove entiteta koji imaju istu geometriju i iste attribute. CAD skupovi podataka predstavljaju skupove povezanih klasa entiteta koji dele isti koordinatni sistem. CAD skup podataka sastoji se od pet karakterističnih klasa entiteta:

- Annotation – klasa entiteta koja sadrži oznake i natpise iz .dwg fajlova,
- Point – klasa tačkastih entiteta,
- Polyline – klasa entiteta koja sadrži polilinije,
- Polygon – klasa entiteta koja sadrži zatvorene poligone i
- MultiPatch – klasa entiteta koja podržava 3D geometriju.

4.2.2. Dodavanje CAD skupa podataka na mapu

Nakon što je izvršeno definisanje prostorne reference za CAD skup podataka isti je moguće dodati na mapu aplikacije ArcMap jednostavnim prevlačenjem (drag and drop) iz Catalog prozora kao što je prikazano na slici 4.

Nakon što je CAD skup podataka dodat na mapu, sve standardne funkcije za manipulisanje prostornim podacima u okviru mape su omogućene, uključujući i rad sa tabelama atributa (*attribute table*) i funkcije za dodeljivanje natpisa (*labeling functions*). Takođe, CAD skupove podataka moguće je procesirati i u okviru alata za geoprocesiranje (*geoprocessing tools*) koji podržavaju rad sa klasama entiteta i lejerima kao ulaznim podacima.



Slika 4 - Dodavanje CAD skupa podataka na mapu [2]

Za naprednije prostorne analize CAD podatke je neophodno učitati u geoprostornu bazu podataka, što se može izvršiti eksportovanjem CAD klasa entiteta direktno u bazu ili u *shape* fajlove, pa nakon toga učitati *shape*-ove u geoprostornu bazu podataka.

4.2.3. Georeferenciranje

Za GIS i prostorne analize podataka bitno je da podaci budu referencirani na isti koordinatni sistem. Ukoliko se radi unutar jedne zemlje obično se bez nedoumica preuzima ustrojeni koordinatni sistem. Međutim, prilikom izrade međunarodnih skupova podataka veoma je važno obezbediti duž granica ekvivalentnost elipsoida, projekcija i visinskih osnova [7].

Prostorni podaci na teritoriji Republike Srbije nalaze se u pravouglom koordinatnom sistemu 7. zone Gauss-Krüger-ove projekcije. CAD skupovi podataka dobijeni na osnovu geodetskih merenja najčešće su georeferencirani u Državnom koordinatnom sistemu (DKS) i prilikom učitavanja u GIS okruženje ArcGIS softvera potrebno im je dodeliti samo prostornu referencu na već objašnjen način. Međutim, većina građevinskih i arhitektonskih projekata nalazi se u nekom lokalnom koordinatnom sistemu, pa je ovakve skupove CAD podataka neophodno georeferencirati u odnosu na DKS.

Georeferenciranjem CAD crteža ne dolazi do promena originalnog ulaznog skupa podataka, odnosno transformacija koordinata vrši se „u letu“ u memoriji računara tako da ulazni podaci ostaju nepromenjeni na disku. Odavde sledi zaključak da se originalni CAD crtež čuva na disku bez promena, i da se prilikom svakog novog učitavanja CAD crteža kao dataset-a u ArcGIS vrši automatsko georeferenciranje na osnovu *.wld fajla koji je generisan prilikom inicijalnog georeferenciranja i koji se čuva u istom folderu na disku kao i CAD crtež.

Prilikom georeferenciranja CAD skupa podataka definiše se njegova lokacija „merjenjem“ koordinata kontrolnih tačaka originalnog CAD crteža čije su koordinate poznate u prostornom koordinatnom sistemu. Na osnovu ova dva skupa koordinata na identičnim tačkama (kontrolne tačke) računaju se transformacioni parametri.

Najbolje rešenje za georeferenciranje CAD skupa podataka je korišćenje Georeferencing toolbar-a, koji se sastoji od interaktivnih alata koji omogućavaju precizno georeferenciranje.

4.2.4. Podešavanje svojstava prikaza

Nakon izvršenog georeferenciranja CAD skupa podataka pristupa se podešavanju svojstava prikaza prostornih podataka u okviru mape. CAD entiteti predstavljaju skupove podataka koji dele istu geometriju koja je sadržana u ulaznom CAD crtežu. U zavisnosti od potreba korisnika nije uvek potrebno vizualizovati sve entitete, ili pak određenim entitetima treba promeniti način prikaza, odnosno simbologiju, te u okviru ovog rada neće biti više reči o tome. Sva potrebna podešavanja u zavisnosti od konkretnih potreba korisnik može pronaći u Layer Properties dialog box-u za svaki lejer sa entitetima.

4.3. KONVERZIJA I INTEGRACIJA CAD PODATAKA U GIS OKRUŽENJE UPOTREBOM MODELBUILDER-A

Direktno učitavanje CAD fajlova u GIS okruženje sastoji se iz četiri sekvence čijim se izvršenjem celokupan CAD fajl učitava kao CAD skup podataka. Za dalje analize neophodno je izvršiti dalju obradu podataka kako bi se dobio konačni skup podataka (feature dataset), odnosno klase entiteta koje se integrišu u geoprostornu bazu podataka. Pod obradom podataka podrazumeva se korišćenje različitih alata koji

omogućavaju izdvajanje potrebnog od suvišnog sadržaja u okviru CAD klasa entiteta, proveru topologije, kreiranje veza između klasa entiteta, itd. Upotrebom pojedinačnih alata za obradu podataka gubi se dosta vremena i svi međurezultati se čuvaju u okviru klasa entiteta pošto izlazna klasa entiteta iz jednog procesa predstavlja ulaznu klasu entiteta za naredni proces. Na osnovu ovoga jasno se vidi kako se došlo do krajnjeg rezultata ali takođe, u mnoštvu klasa entiteta može biti vrlo teško pronaći konačni rezultat ako se ne vodi računa o imenovanju izlaznih klasa entiteta. Alate i podatke moguće je povezati u procese (workflows) kreiranjem modela pomoću ModelBuilder-a i time smanjiti potrebno vreme za obradu podataka, kao i eliminisati sve nepotrebne klase entiteta koje se pojavljuju kao međurezultati.

4.3.1. Osnove modelbuilder-a

ModelBuilder je aplikacija koja se koristi za kreiranje, editovanje i upravljanje modelima. Model predstavlja niz alata i podataka međusobno povezanih u proces (workflow), tako da izlaz iz jednog koraka predstavlja ulaz u drugi korak procesa. Takođe, ModelBuilder se može posmatrati i kao vizuelni programski jezik.

Prednosti korišćenja ModelBuilder-a ogledaju se u sledećem:

- ModelBuilder je aplikacija laka za kreiranje i izvršenje procesa (workflows) koji se sastoji iz niza povezanih alata i podataka,
- sa ModelBuilder-om moguće je kreiranje sopstvenih alata koji se mogu koristiti samostalno, u Python skriptima ili u drugim modelima,
- ModelBuilder, zajedno sa skriptima, predstavlja način integracije ArcGIS-a sa drugim aplikacijama [2].

ModelBuilder pokreće se iz Geoprocessing menija ili klikom na odgovarajuću ikonicu u okviru toolbar-a.

Tri osnovna elementa svakog modela su:

- alati (tools),
- promenljive (variables) i
- veze (connectors).

Alati (Tools). Alati za geoprocesiranje predstavljaju osnovne gradivne elemente za formiranje procesa u modelu i služe za izvođenje različitih operacija nad geografskim (prostornim) i tabelarnim podacima. Dodavanjem u model alati postaju elementi modela (model elements).

Promenljive (Variables). Promenljive su elementi modela koji sadrže vrednosti ili reference podataka koji se čuvaju na disku.

Veze (Connectors). Služe za povezivanje podataka i vrednosti sa alatima. Smer strelice kojom je veza predstavljena ukazuje na pravac procesa.

Kreiranje modela je vrlo jednostavno i intuitivno budući da se zasniva na vizuelnom programiranju.

Može se zaključiti da su dve osnovne upotrebe ModelBuilder-a:

- trenutno izvršenje niza kreiranih zadataka i
- kreiranje sopstvenih alata od modela koji će biti korišćeni kao i bilo koji drugi alati već definisani u okviru ArcToolbox-a.

Zahvaljujući napred navedenim funkcionalnostima ModelBuilder-a znatno se pojednostavljuju procesi obrade podataka i skraćuje vreme za njihovo izvršenje. Jednom kreirani i sačuvani modeli u okviru ArcToolbox-a mogu se koristiti kad god se za to ukaže potreba kao bilo koji drugi sistemski alat, čime se postupci obrade podataka automatizuju u velikoj meri u skladu sa potrebama korisnika.

4.3.2. Alati za učitavanje i obradu CAD podataka u GIS okruženju

U zavisnosti od konkretnih potreba korisnika, alati koji se povezuju u model mogu biti veoma različiti. Za potrebe kreiranja informacionih sistema objekata, potrebno je planove objekata izrađene CAD tehnologijom pretvoriti u GIS klase entiteta i učitati ih u geoprostornu bazu podataka. Linije u CAD crtežu „ne znaju“ da zapravo predstavljaju objekte (npr., stanove u okviru sprata ili prostorije u okviru stana) stoga je potrebno izvršiti njihovo pretvaranje u objekte (poligone) i dodeliti im atribute. Dalje, formirane klase entiteta neophodno je učitati u geoprostornu bazu podataka kako bi se omogućile prostorne analize i formiranje raznih upita i izveštaja. Osnovni alati neophodni za kreiranje modela koji omogućavaju konverziju i integraciju CAD skupa podataka u postojeću geoprostornu bazu podataka su:

- Feature Class To Feature Class,
- Split Line At Vertices,
- Make Feature Layer,
- Copy Features,
- Extend Line,
- Feature To Polygon,
- Append.

4.4. FORMIRANJE GEOPROSTORNIH BAZA PODATAKA O OBJEKTIMA ZA POTREBE FACILITY MANAGEMENT-A

GIS bazirani sistemi u FM-u upotrebljavaju se za upravljanje nepokretnostima, upravljanje objektima i prostorom, održavanje objekata, prostorni i održivi razvoj, vanredne situacije, vizuelizaciju [4].

Za navedene potrebe formiraju se baze podataka koje u zavisnosti od namene sistema sadrže različite skupove podataka.

ArcGIS geoprostorna baza podataka je kolekcija prostornih podataka različitih vrsta koji su skladišteni u obične datoteke na disku (Microsoft Access) ili u višekorisničkim relacionim bazama podataka (poput Oracle, Microsoft SQL Server, IBM DB2). U okviru ArcGIS-a koriste se tri različite vrste geoprostornih baza podataka, i to: ArcSDE, File geodatabase i Personal geodatabase.

4.4.1. Struktura geoprostorne baze podataka

Geoprostorna baza podataka predstavlja sveobuhvatni informacioni model za predstavljanje i upravljanje geografskim (prostornim) informacijama. Ovaj model implementiran je kao serija tabela koje sadrže klase entiteta, rasterske skupove podataka i attribute.

Osnovni element na kom se zasniva ceo koncept kreiranja geoprostorne baze podataka predstavlja skup podataka (dataset). Skup podataka, zapravo, predstavlja primarni mehanizam za organizaciju i upotrebu geografskih informacija u ArcGIS-u, odnosno geoprostornoj bazi podataka. Geoprostorna baza podataka sastoji se od tri osnovna tipa skupova podataka:

- klasa entiteta (feature class),
- rasterski skup podataka (raster dataset), i
- tabela atributa (attribute table).

Klase entiteta su tabele sa poljima koja sadrže informaciju o geometriji entiteta (shape field). Tip geometrije koji se definiše u shape field-u može biti tačka, linija ili poligon.

Rasterski skupovi podataka sadrže rastere kojima se predstavljaju kontinualne prostorne pojave.

Tabele predstavljaju kolekcije redova, pri čemu svaki red u tabeli predstavlja jedan entitet i svi redovi imaju ista polja.

5. ZAKLJUČCI

Razvoj tehnologije uslovio je napredak i u oblasti održavanja objekata i formiranju integriranih sistema za održavanje i upravljanje objektima. Facility management (FM) znatno olakšava upravljanje i održavanje objekata i smanjuje troškove održavanja objekata tokom životnog ciklusa, ali takođe zahteva i postojanje ažurnih, strukturiranih podataka. Činjenica da se prostorni podaci o objektima nalaze u različitim formatima otežava formiranje informacionih sistema za potrebe FM-a zbog neophodne integracije u jedinstven format koji omogućava dalju manipulaciju tim podacima.

Za formiranje informacionog sistema neophodno je izvršiti konverziju CAD fajlova u odgovarajući format koji je podržan u GIS okruženju. Ovi podaci

moгу se direktno učitati ali se u tom slučaju ne dodaju u geoprostornu bazu podataka kao klase entiteta što otežava dalju obradu podataka i formiranje informacionog sistema. Zahvaljujući mogućnostima integracije procesa i alata sa podacima i njihovom automatizacijom u okviru ModelBuilder-a ovaj nedostatak je prevaziđen i pored toga omogućena je i podrobnija obrada podataka pre učitavanja u geoprostornu bazu podataka i dalje upotrebe u okviru GIS sistema. Dalje, ModelBuilder pruža veliku autonomiju korisniku prilikom definisanja modela koji se jednom kreirani mogu sačuvati u okviru Toolbox-a i koristiti ili kao pojedinačni alati ili kao delovi drugih alata.

Iako je tehnologija omogućila visok nivo automatizacije prilikom projektovanja i izradu integriranih informacionih sistema to se, nažalost, i dalje ne koristi u dovoljnoj meri. Uvođenje jasnih standarda prilikom projektovanja u okviru stručnih organizacija dalo bi dobru osnovu za izradu informacionih sistema koji se baziraju na integraciji različitih izvora i formata podataka. Neophodnost saradnje i formiranje multidisciplinarnih timova koji dele znanja i resurse predstavlja ključni korak ka uspostavljanju sistema za upravljanje i održavanje objekata tokom njihovog životnog ciklusa. Uloga geodezije u okviru ovakvog jednog tima, odnosno informacionog sistema, ogleda se u obezbeđivanju prostornih podataka, njihovoj integraciji u sistem i praćenju stabilnosti objekata tokom vremena sa stanovišta destrukcione analize.

Zbog ograničenog broja strana i formata rada praktičan primer integracije CAD i GIS tehnologije predstavice se u nekom od narednih brojeva časopisa.

LITERATURA

- [1] Jovanović, F., Milojković, D., Jovanović, P., Tehnika, 2/2011, 349, p. 305-310, 2011.
- [2] Cvetinović, J., (2013). Formiranje projekta izvedenog stanja kao dela informacionog sistema objekta. Diplomski rad. Beograd: Građevinski fakultet.
- [3] Ivković, B., (2013). Održavanje objekata [online]. Katedra za menadžment, tehnologiju i informatiku u građevinarstvu, Građevinski fakultet, Univerzitet u Beogradu. Dostupno na: <http://www.grf.bg.ac.rs/-mm/files/learnmat/6Facility%20management%20%20pedavanje.pdf> [13. maj 2013.]
- [4] Hong, D. Et Wallis P., (2012). Bringing Building Data into Your GIS. Washington, D.C.: ESRI Federal GIS Conference.
- [5] ESRI Products, ArcGIS Data Interoperability. Data Transformation/Spatial Extract, Transform, and Load. Dostupno na: <http://www.esri.com/software/-arcgis/extensions/datainteroperability/key-features/spatial-etl> [23. maj 2013.]

- [6] ArcGIS Resources, ArcGIS Help 10.1. Dostupno na: <http://resources.arcgis.com/en/help/main/10.1/index.html> [april - jul 2013]
- [7] Burrough, P. et McDonnel, R. (2006). Principi geografskih informacionih sistema. prevod 2. izd. Bajat, B. i Blagojević, D., Beograd: Građevinski fakultet, Univerzitet u Beogradu.

SUMMARY

INTEGRATION OF CAD AND GIS TECHNOLOGY USING ARCGIS FOR DEVELOPMENT OF BUILDING INFORMATION SYSTEMS

Paper will present basic definitions and significance of implementation of information systems for facility maintenance, as well as terms Facility management (FM) and FM lifecycle. The main focus of this paper is on CAD and GIS integration within ArcGIS softver in order to consolidate different data formats for creating unique information system for FM.

Key words: FM, CAD, GIS, integration, spatial ETL