

**Doc. dr Nataša PRAŠČEVIĆ, dipl. građ. inž.<sup>1</sup>**

## **INFORMACIONI SISTEMI U GRAĐEVINARSTVU**

0352-2733,46 (2013), p. 254-292

UDK: 624:[007:004  
PREGLEDNI (NAUČNI) ČLANAK

### **Rezime**

U ovom radu je prikazan informacioni sistem za planiranje i kontrolu realizacije projekata u građevinarstvu. Na početku rada ukazano je na značaj primene informacionih tehnologija u građevinarstvu. Naročita pažnja je posvećena primeni informacionih tehnologija prilikom donošenja odluka u građevinskoj proizvodnji. Istaknuta je neophodnost postojanja informacionog sistema za planiranje i kontrolu realizacije građevinskih projekata. Ukazano je na pravce daljeg razvoja takvog informacionog sistema.

**Ključne reči:** investicioni projekat, informacione tehnologije, građevinarstvo, informacioni sistem, planiranje projekta, kontrola realizacije projekta.

---

<sup>1</sup> Univerzitet u Beogradu, Građevinski fakultet, Beograd  
Rad primljen septembra 2013.

# INFORMATION SYSTEMS IN CONSTRUCTION INDUSTRY

## Abstract

Information system for planning and control of project realization in construction industry is analyzed in the paper. Application of information technology in the construction industry is emphasized at the beginning of this paper. Special attention is paid for the application of information technology during making decision in the construction industry. The necessity for information system for planning and control of project realization in this industry is emphasized. Process and data models are described. The future developments of this information system are presented.

**Key words:** investment project, information technology, construction industry, information system, project planing, project control.

## 1. PRIMENA INFORMACIONIH TEHNOLOGIJA U GRAĐEVINARSTVU

Građevinarstvo se sastoji od velikog broja različitih aktivnosti. U najširem smislu ono uključuje sve usluge potrebne za projektovanje, inženjering, izgradnju i održavanje objekta. Za mnoge aktivnosti potrebna su

različita multidisciplinarna znanja kao i druge specijalizovane tehničke i ekonomske veštine. Uprkos činjenici da se građevinarstvo bazira na visokim tehnologijama i da u mnogome zavisi od efiksane razmene informacija, informaciono-tehnološka revolucija nije na njega toliko uticala kao na neke druge grane privrede. Sporo uvođenje informacionih tehnologija u građevinarstvo je jedan od osnovnih razloga niže stope rasta produktivnosti u odnosu na druge grane privrede.

Primena računara u građevinstvu je mnogo manja nego u drugim oblastima ekonomije. To se naročito odnosi na korišćenje računara na pojedinim gradilištima za praćenje realizacije projekata. Čak ni velike građevinske firme, kod nas a i u svetu, nemaju politiku podrške uvođenja i korišćenja računara na gradilištima. Pojedini slučajevi su veoma retki i najčešće su rezultat izričitih zahteva investitora da se praćenje realizacije projekta vrši primenom računara ili ličnih inicijativa pojedinaca. Iako su tokom osamdesetih godina dvadesetog veka računari počeli široko da se primenjuju za finansijsko knjigovodstvo, obračun plata i slično, građevinske firme nisu pokazivale nikakvo interesovanje za formulisanje strategije i politike uvođenja računara na gradilišta.

Početkom devedesetih godina, u široku upotrebu su ušli personalni računari za koje su na tržištu postojale brojne aplikacije za obradu teksta, tabela i izradu planova. Iako su učesnici na velikim projektima uglavnom imali iskustvo u korišćenju pomenutih aplikacija, up-

rave građevinskih firmi i dalje nisu pokazivali naročito interesovanje za korišćenje računara na gradilištima za praćenje realizacije projekata.

Na prvi pogled može delovati čudno da je građevinarstvo verovatno među poslednjim granama ekonomije po korišćenju informacionih tehnologija za upravljanje proizvodnjom. Pogotovo ako se u obzir uzme činjenica da je korišćenje računara u oblastima projektovanja i proračuna konstrukcija, mehanici tla i geodeziji započelo odmah pošto je to bilo tehnički i ekonomski izvodljivo. Međutim, ovakva situacija i ne mora biti toliko čudna. Skoro sve velike građevinske firme imaju kompijuterizovane centralne funkcije – finansijsko knjigovodstvo, obračun plata i kadrovsku službu, ali i dalje se u većini firmi izrada predračuna i predmera radova vrši ručno. Za razliku od građevinske proizvodnje i realizacije projekta na gradilištu, druge poslovne aktivnosti su trajnog karaktera tj. njihov rezultat su uvek isti proizvodi ili usluge, koji se dobijaju na istom mestu, godinu za godinom. S druge strane građevinske projekte odlikuju sledeće karakteristike:

1. Projekat podrazumeva privremeni cilj – završetak projekta. Upravljanje organizacijom ili nekim njenim delom je trajni zadatak koji se prostire u bližu budućnost ili u krajnjem slučaju obuhvata vreme postojanja organizacije. Problemi i izazovi stalno se javljaju tokom vremena što upravljanju organizacijom daje kontinuitet. Projekat

je, u odnosu na vreme postojanja organizacije, kratkoročan i traje dotle dok se ne ostvare ciljevi projekta, odnosno svaki projekat ima definisan početak i završetak realizacije.

2. Ciljevi projekta su specifični i merljivi. Uspeh ili neuspeh projekta se može meriti stepenom zadovoljenja postavljenih ciljeva.
3. Ograničenja projekta su vreme i budžet. Cilj projekta je ostvarenje rezultata koji zadovoljava određene kvalitete a postignut je u unapred određenom vremenskom roku i u skladu sa projektovanim finansijskim troškovima.
4. Projektom se mora upravljati tako da trenutni ciljevi budu postignuti bez ugrožavanja dugoročnih ciljeva organizacije.

Postoje suštinske razlike između upravljanja projektom i drugih poslovnih aktivnosti. Te razlike su osnovni razlozi zašto se informacije tehnologije relativno slabo koriste u građevinskim projektima. Poslovne aktivnosti van građevinske proizvodnje se takođe obavljaju u promenljivom okruženju: zaposleni stalno dolaze i odlaze iz organizacije, tržište i konkurencija se stalno menjaju, kao i paleta proizvoda i usluga, marketing i kontrola kvaliteta. Da bi se organizacija uspešno prilagođavala ovim promenama neophodna je stalno uvođenje novih tehnologija i obuka zaposlenih za njihovo korišćenje. Svako poslovanje, da bi opstalo, se mora menjati. To zahteva i promene u upravljanju kao i izradu strateških planova

za koje je neophodno posedovati visoko kvalitetne informacije. Većina poslovanja van građevinske proizvodnje zavisi od informacionih tehnologija, ne samo od podataka – svako može čuvati podatke, već od kvaliteta informacija koje se dobijaju iz podataka. Kvalitet i vrednost informacija direktno zavise od mogućnosti obrade i analize sakupljenih podataka i tu brzina i tačnost računara čine informacione tehnologije neophodnim.

Građevinski projekti se međusobno veoma razlikuju, i to po veličini, vrednosti, dužini trajanja a u nekim slučajevima uslovima ugovora i primenjenim konstruktivnim metodama.

### ***1.1. Građevinska proizvodnja i primena informacionih tehnologija***

Informaciona tehnologija (IT) prema Američkoj asocijaciji za IT obuhvata “izučavanje, razvoj, implementacija i podrška ili upravljanje računarskim informacionim sistemima, softverskim aplikacijama (kompjuterskim programima) i hardverom (kompjuterskom opremom). Informacioni sistem (IS) je integrisani skup komponenata za prikupljanje, obradu, čuvanje i prenošene informacija. Sastoji se od hardvera, softvera, baza podataka, telekomunikacija i ljudskih resursa. Baza podataka je skup povezanih podataka organizovanih na najpogodniji način za korišćenje. Podatak predstavlja poznatu činjenicu koja se može registrovati i koja ima određeno značenje. Info-

rmacija je primljena i shvaćena poruka o nekim do tada nepoznatim činjenicama [4].

Primena informacionih tehnologija u građevinarstvu otvara nove mogućnosti ali istovremeno pred građevinske firme postavlja i dodatne zahteve. Informacione tehnologije se ne mogu posmatrati samo kao sredstvo za unapređenje postojećih poslovnih funkcija, već kao inovacija koja pruža nove i drugačije mogućnosti u organizovanju i obavljanju poslova. Shodno tome, građevinska firma se suočava kako sa novim mogućnostima tako i sa brojnim izazovima.

Tehnološki napredak, ekspanzija tržišta, konkurencija na globalnom nivou i novi zahtevi u pogledu kvaliteta i produktivnosti postavljaju problem integracije različitih faza u projektovanju i izgradnji objekta za jedan od ključnih problema. Zbog toga se u okviru organizacije traže novi načini za integraciju poslovnih funkcija.

Koordinacija, automatska kontrola, prenos podataka, efikasno obavljanje transakcija i eliminacija posrednika su samo neki od aspekata informacionih tehnologija koji mogu u mnogome da omoguće integraciju u građevinarstvu.

Građevinske firme posluju u okruženju koje podržava uspešnu primenu informacionih tehnologija. Osnovne karakteristike građevinske proizvodnje su:

- Fokusiranost na projekat: u građevinarstvu projekat je centralni izvor profita. Veoma je značajno da svaki ima svoje troškove u koje su uključeni i troškovi

svih resursa koji se koriste na projektu. Donošenje odluka se vrši na decentralizovanoj osnovi odnosno menadžer projekta je potpuno samostalan prilikom donošenja odluke o tome koji će zajednički resursi biti korišćeni na projektu. Međutim, menadžeri projekta ne žele da iniciraju investicije u primenu novih tehnologija sve dok njihova profitabilnost nije zagarantovana.

- Dinamičnost: okruženje u kome se obavlja proizvodnja se konstantno menja kako na nivou projekta tako i na nivou čitave organizacije. Informacione tehnologije omogućavaju bržu komunikaciju, automatizaciju kao i efikasniju analizu promena što olakšava proces donošenja odluka.
- Učešće velikog broja učesnika na projektu: tipični građevinski projekat uključuje veći broj nezavisnih učesnika, kao što su investitor, projektant, izvođač, dobavljač i drugi, koji su najčešće angažovani na osnovu licitacije. Ovi učesnici su međusobno povezani različitim operacijama tako da se troškovi i dobiti od primene novih tehnologija ne mogu dodeliti ni jednom pojedinačnom učesniku.
- Građevinska proizvodnja se bazira na složenim međusobnim odnosima između većeg broja učesnika na projektu: primena informacionih tehnologija može da poveća integraciju na projektu čime bi se smanjila potreba za glomaznom birokratijom.

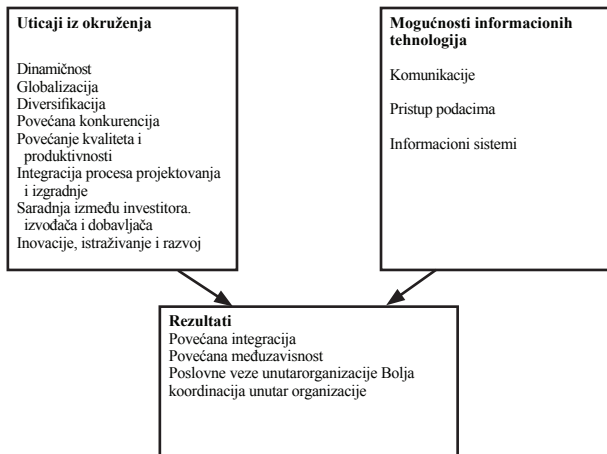


- Timski rad: organizacije uključene u građevinsku proizvodnju su projektno orijentisane tako da se za svaki projekat formira tim koji ga realizuje. Informacione tehnologije mogu da predstavljaju sredstvo za prevazilaženje barijera koje stvaraju vreme i razdaljina između članova tima.
- Visok stepen fragmentacije: različita priroda proizvoda u građevinarstvu, u smislu funkcija, lokacija i tehnologija ima za rezultat visok stepen fragmentacije u svakom sektoru. To izaziva određene poteškoće koje se ne javljaju u drugim granama industrije. Na primer, u automobilskoj industriji proizvodnja se obavlja na ograničenom broju lokacija pri čemu su glavni dobavljači najčešće locirani u blizini osnovne fabrike. To omogućava da se primenom novih informacionih tehnologija značajno poveća produktivnost. S druge strane, građevinska proizvodnja se može predstaviti kao skup tehnoloških ostrva gde je svaki učesnik u projektu ekspert u svojoj oblasti. Deljenje informacija je ograničeno i neodgovarajuće, što za rezultat ima nepostojanje standarda za zajedničko korišćenje informacija. Potreba za ponovnim izvođenjem pojedinih radova u najvećem broju slučajeva je rezultat nedovoljnih, neodgovarajućih i oprečnih informacija.
- Rizik ulaganja u informacione tehnologije: kao i u drugim granama industrije, investiranje u informacione tehnologije u građevinarstvu je povezano sa

brojnim rizicima. Jedan od glavnih rizika je neizvesnost da li će potencijalni korisnici imati stvarne koristi od investicije. Nikad se sa potpunom sigurnošću ne može reći da će razvijeni softver da zadovolji sve potrebe u realnim uslovima odnosno da će imati projektovane performanse. Pored toga, troškovi integracije softvera sa postojećim sistemom se najčešće podcenjuju.

- Građevinska proizvodnja je radno intenzivna i ne može biti potpuno automatizovana: Koncept proizvodne linije se ne može u potpunosti primeniti u građevinarstvu. Korišćenje informacionih tehnologija omogućava bolju koordinaciju aktivnosti između brojnih učesnika na projektu kao i stvaranje atmosfere za lakše i brže međusobno komuniciranje.
- Problemi koji se javljaju tokom realizacije građevinskog projekta najčešće se rešavaju na osnovu znanja i iskustva profesionalaca i eksperata: pošto ovi problemi imaju visok stepen neizvesnosti, informacione tehnologije mogu da pruže neophodnu pomoć za njihovo prevazilaženje. U tom slučaju ključnu ulogu mogu da odigraju ekspertni sistemi, sistemi zasnovani na znanju i izvršni informacioni sistemi (executive information system).

Trenutne mogućnosti informacionih tehnologija se mogu grupisati u tri široke oblasti: komunikacije, pristup podacima i informacioni sistemi (*Slika 1*). Navedeno



Slika 1.- *Utjecaji okruženja i mogućnosti informacionih tehnologija na projektovanje i građevinsko preduzeće [1]*

grupisanje je izvršeno na osnovu korisnosti informacionih tehnologija iz ugla korisnika. U građevinarstvu, komunikacije, odnosno razmena informacija, su jedne od najvažnijih funkcija. Uspeh ovih funkcija u velikoj meri zavisi od mogućnosti pristupa podacima, kao i od efikasnosti i efektivnosti sistema za obradu podataka.

Promenljivo poslovno okruženje i stalno unapređenje mogućnosti informacionih tehnologija imaju za posledicu povećanje potreba za integracijama procesa pri projektovanju i izgradnji objekata. Kako se građevinske

firme, s jedne strane, svakim danom susreću sa sve većom konkurencijom, koja je rezultat opšte globalizacije, a sa druge strane skoro svakodnevno se razvijaju novi alati za komunikaciju, pred građevinskim preduzećima se otvaraju nove mogućnosti za uspostavljanje zajedničkih ulaganja i razvijanje dugoročnih veza sa investitorima i dobavljačima. Da bi se obezbedila veća produktivnost i kvalitet izgradnje sve veća pažnja se poklanja integraciji procesa planiranja i projektovanja odnosno integraciji projektovanja i izgradnje.

Međutim, i pored brojnih prednosti, primena informacionih tehnologija u građevinarstvu se odvija sporo i uz dosta odbijanja. Razlozi za to su brojni i mogu se sumirati na sledeći način:

- Povećanje kvaliteta i produktivnosti u građevinarstvu odvija se prilično sporo. To je posledica činjenice da sva preduzeća koja učestvuju na projektu ne mogu da se istovremeno izlože dodatnim troškovima i rizicima koje sa sobom nosi uvođenje informacionih tehnologija. Svaki projekat utiče na ukupni profit građevinskog preduzeća, pa ekonomski neuspeh projekta može imati značajan uticaj na finansijski uspeh preduzeća. Zbog toga menadžment građevinskog preduzeća nerado firmu izlaže prevelikim rizicima i prihvata primenu onih novih tehnologija ili metoda koje daju trenutne rezultate i očigledne dobiti.
- Menadžment nerado ulaže u organizacionu infrastrukturu pošto će te investicije sigurno, u kratkom

vremenskom periodu, izazvati veće fiksne troškove. Protivljenje je naročito izraženo u slučajevima kada je dobiti od ovih investicija teško direktno kvantifikovati, što je i najčešći slučaj prilikom ulaganja u informacione tehnologije u građevinarstvu koje po pravilu nisu jeftine. Zbog toga se menadžment odlučuje da ulaže u više manjih sistema što stvara izolovane sisteme koji i preovlađuju u građevinarstvu.

- Svaki projekat uključuje veliki broj učesnika. Saradnja među njima je uglavnom kratkoročna i zasniva se na sklopljenim ugovorima. Zbog toga se od učesnika na projektu ne može očekivati da ulažu u informacione tehnologije koje će doneti dobit čitavom projektu. Pri svakoj tehnološkoj inovaciji mora postojati lider koji će ukazati na dobiti od primene novih tehnologija kako u okviru projekta tako i u čitavoj industriji.

### ***1.2. Informacione tehnologije kao podrška pri donošenju odluka u građevinskim firmama***

Informacione tehnologije mogu da pruže podršku pri donošenju odluka u dva slučaja:

- mogu da olakšaju donošenje odluka na operacionom nivou pri realizaciji projekta i
- mogu da budu podrška strateškom menadžmentu u građevinskoj organizaciji.

Primenom informacionih tehnologija u građevinarstvu klijenti mogu da dobiju neophodne informacije o projektu koji će se realizovati. Pored toga, građevinska firma imaće veoma važnu pomoć prilikom analize i upravljanja procesom izgradnje objekta, što uključuje donošenje odluka prilikom projektovanja, inženjeringa, analize performansi objekta, planiranju neophodnih resursa i njihovim upravljanjem, izradi predračuna i dinamičkog plana izvođenja radova. To znači da će informacioni sistemi za podršku pri donošenju odluka omogućiti uspostavljanje boljih veza između klijenata, izvođača radova i dobavljača. Ove veze predstavljaju novu mrežu koja će pružati nove vidove komunikacije, kooperacije i kontrole. Takođe, sistem za podršku pri donošenju odluka obezbediće i neophodnu strukturu za prikupljanje i akumulaciju znanja koja se, u povratnoj sprezi, mogu koristiti pri realizaciji sledećih projekata. Ako se pravilno koriste, informacione tehnologije pružaju nova znanja koja dovode do poboljšanja performansi građevinske firme, i to naročito u smislu profitabilnosti i povećanja potrošačkog viška.

Korišćenje informacionih tehnologija obezbeđuje dva osnovna kvaliteta:

- automatizaciju većine procesa koji se zasnivaju na razmeni informacija kao i procesa komunikacije,
- istovremeno dobijanje informacija o procesima izgradnje i kontrole realizacije projekta čime je olakšano i poboljšano praćenje proizvodnih pro-

cesa i donošenje neophodnih odluka od strane menadžmenta firme.

Zbog navedenih kvaliteta informacione tehnologije poseduju potencijal da indukuju promene u procesu izgradnje. Uspesna primena informacionih tehnologija ima za rezultat da prave informacije dolaze do pravih ljudi u pravo vreme – često mnogo brže nego u slučaju korišćenja drugih načina komunikacije. Takođe, informacione tehnologije mogu da obezbede bolju integraciju procesa koji su sastavni deo inženjeringa, čime se smanjuje vreme potrebno za obavljanje pojedinih aktivnosti.

Sistemi za podršku pri donošenju odluka u građevinarstvu predstavljaju računarski zasnovane sisteme čijom se upotrebom povećava efikasnost pri donošenju odluka u raznim procesima izgradnje objekta. Ovaj sistem može da bude pomoć u obavljanju velikog broja aktivnosti, kao što su:

- izrada podsetnika za različite vrste provera tokom izgradnje objekta,
- obezbeđivanje korisnicima sistema velikog broja podataka iz baza podataka u određenim vremenskim intervalima,
- prikazivanje procesa izgradnje i performasi objekata pomoću savremenih sredstava prezentacije i vizuelizacije,
- rešavanje pojedinih problema koji se javljaju tokom procesa projektovanja i inženjeringa i nudenje rešenja problema na osnovu ugrađenih pravila,

- upravljanje komunikacijama između različitih učesnika na projektu uz obezbeđenje bolje integracije prilikom donošenja odluka distribuiranog tima na projektu.

Uvreženo je mišljenje, kako u akademskim krugovima tako i među ljudima iz prakse, da pravilna primena informacionih tehnologija prilikom projektovanja i izvođenja građevinskog objekta kao i upravljanju projektom, može značajno da unapredi realizaciju projekta. Međutim, dosadašnja iskustva govore o delimičnoj automatizaciji koja se najčešće svodi na primenu CAD (Computer Aided Design – Kompjuterski podržano projektovanje) tehnologija u procesu projektovanja odnosno korišćenju aplikacija za izradu predračuna radova u firmama koje izvode radove. Ovakva vrsta primene informacionih tehnologija donosi mala poboljšanja. Prave mogućnosti leže u korišćenju integrisanog sistema.

Proces uvođenja informacionih tehnologija u firmu je postupan i sastoji se od tri koraka: zamene, unapređenja i transformacije. U toku prvog koraka, zamene, neophodno je da se u okviru firme uoče prednosti koje donosi primena informacionih tehnologija tj. proces uvođenja informacionih tehnologija ne treba svesti samo na jednostavnu automatizaciju postojećih procesa.

Projektovanje, inženjering i izvođenje objekta zahteva integraciju i povezivanje različitih podsistema i komponenata. Mnogi problemi koji postoje u realizaciji projekta, pa samim tim i u primeni informacionih teh-



nologija, proističu iz teškoća koje se javljaju u komunikaciji između različitih učesnika na projektu. Zbog toga, informacioni sistem može da olakša protok informacija prilikom realizacije projekta.

Uprkos lako uočljivih prednosti od korišćenja informacionih tehnologija, u građevinskim firmama još uvek postoji prilično negativan stav prema njihovoj primeni. Problemi koji se pri tome javljaju se mogu grupisati na sledeći način:

- iskusno osoblje, koje dugi niz godina radi u građevinskim firmama, najčešće ima odbojan stav prema korišćenju informacionih tehnologija pošto smatra da će poslove uraditi mnogo brže na stari, tradicionalan način. Ovakav stav proizilazi iz činjenice da je ova kategorija zaposlenih navikla da probleme koji se javljaju u realizaciji projekta samoinicijativno rešava na njima odgovarajuće načine, što pri korišćenju informacionih tehnologija nije moguće,
- opšta nezainteresovanost da se pozitivna i negativna iskustva primene informacionih tehnologija u drugim granama industrije primene i u građevinskim firmama, čak i onda kada su problemi veoma slični problemima koji nastaju prilikom realizacije investicionog projekta,
- u malim i građevinskim firmama srednje veličine postoje veoma ograničena saznanja o snazi, mogućnostima i ograničenjima primene informacionih tehnologija,

- nedovoljno znanje o posledicama primene informacionih tehnologija na organizacionu strukturu, poslovanje kao i poziciju na tržištu u odnosu na druge firme koje učestvuju u procesu izgradnje.

## **2. INFORMACIONI SISTEM ZA PLANIRANJE I KONTROLU REALIZACIJE PROJEKATA U GRAĐEVINARSTVU**

Tokom realizacije projekta u građevinarstvu javlja se veliki broj učesnika koji u projektu učestvuju u različitim fazama realizacije. Da bi tim, koji se sastoji od projektanata, inženjera i menadžera, funkcionisao efektivno neophodno je obezbediti prave informacije, pravim korisnicima u pravom formatu i u pravo vreme. Pri tome se treba osloniti na veliku količinu informacija čiji su izvori veoma različiti, a same informacije su različitog nivoa detaljnosti i apstrakcije. Generalno, može se reći da se potencijali postojećeg softvera za praćenje realizacije projekta nedovoljno koriste. Delimično, to može biti posledica neizvršenih organizacionih promena kojima bi se povećala efikasnost korišćenja postojećih aplikacija.

Da bi se olakšalo prikupljanje i čuvanje informacija tokom realizacije projekta, a samim tim povećala efikasnost i efektivnost procesa upravljanja projektom, neophodno je razviti integrisani sistem za upravljanje projektom. Ovakav sistem bi dozvolio zajedničko korišćenje informacija od strane svih učesnika tokom realizacije

projekta, a u sebi bi sadržao veći broj aplikacija koje bi se koristile u različitim fazama izgradnje objekta. Froese, Rankin i Yu [3] su uveli pojam sistema totalnog projekta kojim je definisan računarski sistem za upravljanje projektima u građevinarstvu. Osnovne karakteristike ovog sistema su:

- sveobuhvatnost: sistem obuhvata veći broj aplikacija koje podržavaju sve funkcije upravljanja projektom izgradnje objekta,
- integrisanost: sve aplikacije doprinose i koriste zajedničke informacije o realizaciji projekta,
- fleksibilnost: okvir u kome se aplikacije koriste je otvoren, fleksibilan, podeljen na module i distribuiran različitim učesnicima u realizaciji projekta.

Iako svaka od navedenih karakteristika ne predstavlja revolucionarno otkriće ako se posmatraju kao celina one opisuju tip sistema koji trenutno ne postoji. To predstavlja pokušaj da računarski alati za planiranje izgradnje pređu kritičnu tačku posle koje računarski zasnovani modeli za planiranje i realizaciju građevinskih projekata postaju široko rasprostranjeni i korišćeni.

Najveća pojedinačna dobit pristupa totalnog projekta je ekstenzivna razmena informacija između aplikacija. Zajedničko korišćenje informacija zahteva jedinstvenu strukturu podataka koja dozvoljava da se informacije dobijene u jednoj aplikaciji mogu preneti i interpretirati u drugoj aplikaciji. To pretpostavlja da je sistem dovoljno uopšten da može da prihvati veliki broj različitih

aplikacija, dovoljno detaljan da se u njemu nalaze sve informacije potrebne aplikacijama i dovoljno robustan da bude široko prihvaćen.

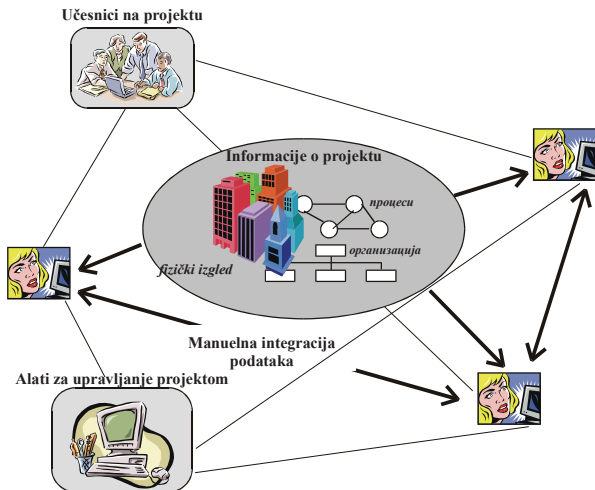
Drugi ključni element sistema totalnog projekta je razvoj različitih modula koji čine sistem. Dok su većina od njih tradicionalne aplikacije za upravljanje projektima, kao što je izrada dinamičkog plana, postoje aplikacije koje omogućavaju automatsku izradu plana izgradnje objekta.

### **3. KONCEPT SISTEMA TOTALNOG PROJEKTA**

Rankin i Froese [5] trenutnu situaciju korišćenja aplikacija za upravljanje projektima opisuju kao kutiju sa alatima u kojoj se nalaze sve raspoložive aplikacije, koje se, svaka za sebe, koriste za obavljanje pojedinih procesa pri realizaciji projekta (*slika 2*).

Svaka aplikacija koristi određene informacije koje su pri tome prezentovane na različitim nivoima detaljnosti. Na primer, za izradu gantograma potrebni su podaci o vremenu dok su za izradu predračuna radova neophodne informacije o troškovima. Međutim, neke podatke zajedno koristi više aplikacija, što dovodi do problema integracije sistema.

Zbog toga je Froese [3] predložio koncept sistema totalnog projekta (integrisanog sistema za upravljanje projektima) u kome se informacije zasnivaju na zajedničkom modelu podataka (*Slika 3*). Ovakav koncept obezbeđuje

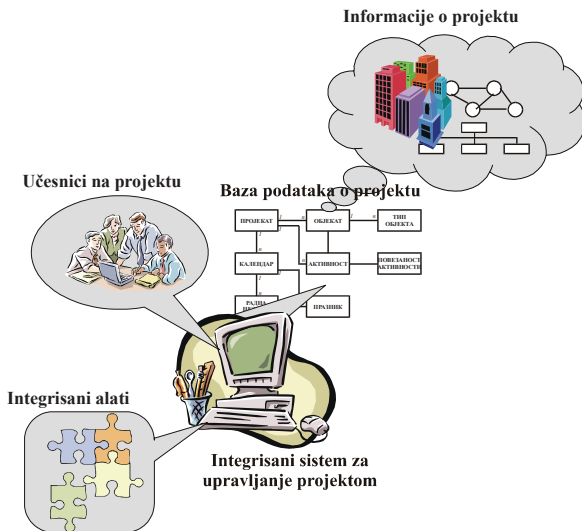


Slika 2.- *Trenutna integracija alata za upravljanje projektima, Rankin [5]*

istu funkcionalnost kao i koncept “kutije sa alatima” ali istovremeno pruža i veću konzistentnost informacija.

Kao što je već istaknuto, koncept sistema totalnog projekta karakteriše sveobuhvatnost, integrisanost i fleksibilnost. Navedene karakteristike su neophodne da bi računarski zasnovani alati postali osnovno sredstvo organizacije gradnje objekta a ne samo specijalizovani alati koji se koriste samo za izvršenje specifičnih poduhvata.

Sveobuhvatnost ovakvog sistema ogleda se u činjenici da sistem podržava veći broj aplikacija za upravljanje projektima u građevinarstvu. Sve aplikacije koriste zajedničke informacije o projektu koje su smeštene u jednoj ili više baza podataka koje predstavljaju srž informacionog sistema. To omogućava da se iste informacije dobijaju i kreiraju na različitim nivoima apstrakcije.



Slika 3.- *Koncept sistema totalnog projekta, Froese [3]*

Ovakvo korišćenje informacija unapređuje sistem upravljanja podacima odnosno obezbeđuje da sve aplikacije koriste najsvježije podatke. Pored toga aplikacije mogu da koriste mnogo veći spektar informacija što povećava i mogućnosti alata za upravljanje izgradnje objekata. Zajedničke informacije ne moraju da se nalaze u jednoj bazi podataka već mogu biti distribuirane između aplikacija i učesnika na projektu korišćenjem interneta.

Arhitektura sistema totalnog projekta je:

- otvorena: posebno ne zavisi ni od jedne informacione tehnologije odnosno bazirana je na međunarodnim standardima i ne zavisi od tipa baze podataka,
- modularna: aplikacije se mogu razvijati posebno a zatim sjediniti u jedan sistem,
- distribuirana: mogu je koristiti različiti korisnici.

Funkcionalni moduli i aplikacije su povezani u jedan sistem korišćenjem jedinstvenog interfejsa. To znači da se pojedine aplikacije mogu menjati a da pri tome ostali delovi sistema ostaju nepromenjeni. Pored zajedničkog korišćenja podataka postoji i zajedničko korišćenje i aplikacija od strane različitih učesnika na projektu koji se nalaze na različitim lokacijama. Takođe, aplikacije i podaci o projektu su transparentni. Korisnici ne moraju da znaju gde i kako su locirani podaci koje koriste. Korisnici jedino treba, kroz interfejs, da upute sistemu zahtev za određenim informacijama a sistem će sam da pronade i pokrene odgovarajući modul i vrati tražene podatke.

Sistem totalnog projekta se može prikazati kao na slici 3. Integrisani alati predstavljaju “kutiju sa alatima”

koja sadrži sve raspoložive aplikacije čiji se izbor vrši kroz interfejs. Sistem svakom alatu obezbeđuje neophodne podatke iz zajedničke baze podataka o projektu, pri čemu podaci mogu biti različitog nivoa detaljnosti i iz različite perspektive. Takođe, sistem prihvata i sve nove informacije koje dobija od aplikacija.

Na primer, prilikom izrade dinamičkog plana izvođenja radova sistem pokreće aplikaciju za izradu plana i prikazuje podatke o postojećem planu. Korisnik može da izvrši neophodne promene čime se menja čitav plan a nove informacije se pomoću interfejsa smeštaju u odgovarajuću bazu podataka.

### ***3.1. Komponente sistema totalnog projekta***

Sistem totalnog projekta sastoji se od (*slika 4*):

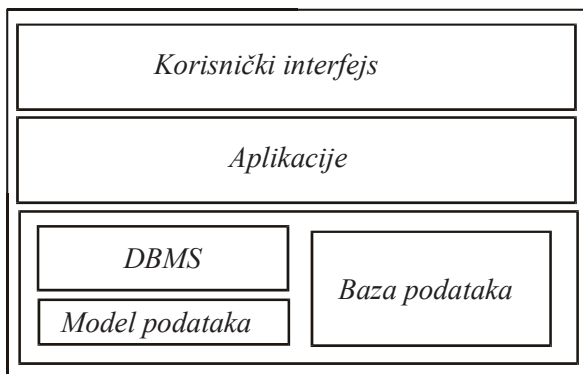
- jedinstvenog modela podataka,
- baze podataka,
- aplikacija i
- korisničkog interfejsa.

Sistem se zasniva na jedinstvenom modelu podataka koji obuhvata sve relevantne podatke neophodne za realizaciju građevinskog projekta. Model se sastoji od više podmodela pri čemu je ključni model podataka za upravljanje projektom, što će biti detaljno objašnjeno u narednom tekstu.

Pošto se model podataka bazira na internacionalnim modelima to se kao baza podataka može koristiti bilo koji



od tipova baza podataka (relacione, objektno – orijentisane) a mogu biti centralizovane ili distribuirane.



Slika 4.- *Komponente sistema totalnog projekta*

Korisnički interfejs ne zavisi od toga koje aplikacije se koriste a omogućava sagledavanje informacija o projektu iz različitih uglova i nivoa apstrakcije.

Osnovni element integrisanih alata je računarski podržano planiranje gradnje objekta (*CACP – Computer assisted construction planing*). Računarski podržano planiranje gradnje objekta dozvoljava planiranje gradnje objekta u vidu integrisanih alata za upravljanje projektima i to tako što se u okviru sistema čuvaju informacije neophodne za planiranje gradnje datog objekta kao i sve

relevantne informacije o prethodnim projektima. Sve informacije su takvog formata da ih mogu koristiti različite aplikacije. Rezultati dobijeni na osnovu primene ovakvih aplikacija mogu da se koriste u drugim, specijalizovanim alatima za upravljanje projektima.

Da bi se integrisani sistem pravilno koristio neophodno je prikupljanje, održavanje i manipulisanje velikim brojem informacija. Zbog toga sistem mora biti tako kreiran da podržava prikupljanje i kasnije korišćenje informacija koje poseduju različite nivoe detaljnosti a potiču iz različitih izvora tj. obezbeđuju ih različiti učesnici u realizaciji projekta. Osnovne komponente uspešnog sistema su praktični interfejs i uopšteni prilaz problemu. Pošto se u sistemu čuvaju i podaci o ranije realizovanim projektima, moguće je njihovo grupisanje u šablone čijom se modifikacijom proces planiranja gradnje objekta može delimično automatizovati. Time se smanjuje količina neophodnih podataka koja samo opterećuje proces planiranja. Zbog toga, računarski podržano planiranje gradnje objekta zahteva:

- standardni model informacija potrebnih u građevinskoj i s njom povezanim industrijama,
- efikasan i efektivan interfejs koji omogućava manipulaciju velikim brojem informacija,
- hijerarhijski ustrojen okvir pomoću koga je moguće informacije sagledati sa različitih strana i različitih nivoa apstrakcije,

- mogućnost prenosa znanja o planiranju izgradnje objekata sa projekta na projekat.

#### **4. RAČUNARSKI PODRŽANO PLANIRANJE GRADNJE OBJEKATA (CACP)**

Kao što je već naglašeno, primenom računarski podržanog planiranja gradnje objekata plan gradnje novog objekta dobija se na osnovu znanja stečenih prilikom gradnje ranijih objekata a proces planiranja se zasniva na integrisanom pristupu upravljanja projektom. Zbog toga se može reći da računarski podržano planiranje gradnje objekta donosi napredak u sledećim oblastima:

- proces planiranja gradnje objekata širi van granica dimenzija projekta, potrebnog vremena i troškova za njegovu realizaciju,
- podržava integraciju sa drugim alatima za upravljanje projektima
- omogućava sticanje i čuvanje znanja o prethodnim projektima u vidu biblioteka informacija.

Funkcionalnost pristupa računarski podržanog planiranja gradnje objekta obezbeđuju sledeći elementi:

- model podataka: zasniva se na integrisanom modelu podataka,
- način čuvanja informacija: obezbeđuje efiksano čuvanje i ponovno korišćenje podataka koji su različitog nivoa detaljnosti a grupisani su u opšte

informacije (biblioteke koje sadrže podatke o ranijim projektima) i specifične informacije (podaci o tekućem projektu),

- planiranje na osnovu case metode: početni plan realizacije se dobija na osnovu iskustava stečenih pri ranijim realizacijama sličnih projekata,
- primena RAD (*Rapid Application Development*) metodologije: za planiranje projekta koriste se alati koji pružaju mogućnost brzog kreiranja plana projekta a takođe i dovoljnu funkcionalnost i mogućnost integracije.

#### ***4.1. Arhitektura sistema za računarski podržano planiranje realizacije projekta***

Sistem za računarski podržano planiranje gradnje objekta se sastoji od dva osnovna elementa: interfejsa i baze podataka.

Interfejs omogućava konzistentan pristup raznovrsnim informacijama o projektu odnosno bazi podataka.

Sve informacije o projektu su smeštene u zajedničku bazu podataka. Pošto se korišćenjem sistema razvije početni plan gradnje objekta, on se može dalje modifikovati primenom drugih aplikacija, koje su takođe sastavni deo sistema, kao što su aplikacije za planiranje i procenu troškova, a takođe je moguće plan dalje elaborirati korišćenjem dodatnih informacija.

Baza podataka u ovom radu razvijena je primenom Oracle sistema za upravljanje bazama podataka.

## 5. MODEL PROCESA

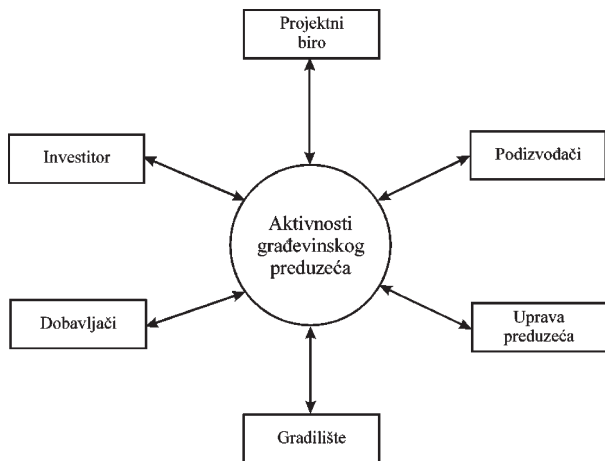
Pre razmatranja modela podataka potrebno je izvršiti analizu svih procesa koji se javljaju prilikom realizacije građevinskog projekta kao i tokova podataka. Kao što je već nekoliko puta naglašeno u realizaciji građevinskog projekta učestvuje veći broj učesnika.

Na *slici 5* su prikazani učesnici projekta sa stanovišta glavnog izvođača radova. Pored ovih učesnika, u situaciji kada građevinsko preduzeće ne raspolaže kompletnom potrebnom mehanizacijom, može se pojaviti i preduzeće od koga će se mehanizacija iznajmiti. Sve aktivnosti glavnog izvođača radova na ovoj slici su prikazane jednim krugom, a on će se kasnijom dekompozicijom raščlaniti u veći broj krugova na različitim nivoima detaljnosti.

Svi procesi pri realizaciji građevinskog projekta se mogu grupisati u sledeće tri glavne celine (*slika 6*):

- pretendenske procedure,
- procedure pre početka izgradnje objekta i
- izgradnja objekta.

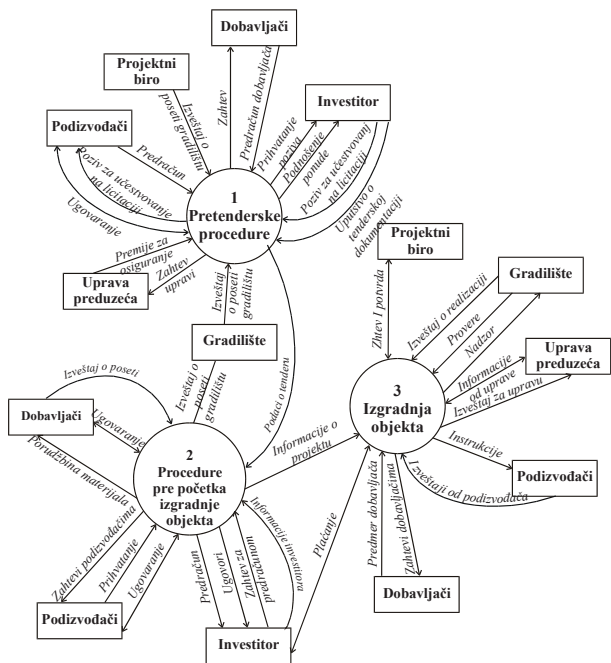
Navedene celine predstavljaju dijagram toka podataka na nultom nivou dekompozicije. Svaka od navedenih celina se u daljoj dekompoziciji razlaže na veći broj procesa i njima odgovarajućih tokova podataka.



Slika 5.- *Učesnici na projektu sa stanovišta glavnog izvođača - dijagram konteksta*

## 6. MODEL PODATAKA

Kao što je već naglašeno integrisani sistem za planiranje i praćenje realizacije projekta koristi zajednički model podataka na nivou čitavog projekta. U ovom radu je razvijen originalni model podataka i odgovarajući softver. Na osnovu usvojenog modela:



Slika 6.- Dijagram toka podataka za realizaciju građevinskog projekta

- vrši se strukturiranje svih podataka za sve aplikacije koje se koriste unutar sistema,
- razmena podataka sa drugim aplikacija, van sistema, na osnovu međunarodno usvojenih standarda.

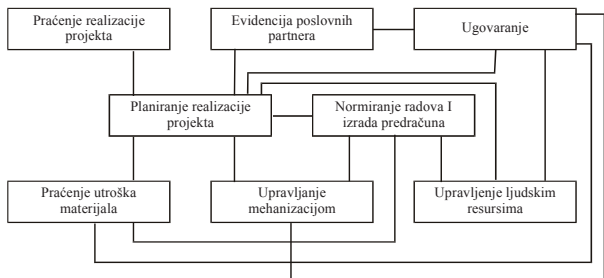
Podaci su u okviru modela podataka grupisani u sledeće podsisiteme:

- podsistem za planiranje realizacije projekta,
- podsistem za normiranje radova i izradu predračuna,
- razmena podataka i informacija između aplikacija unutar sistema,
- podsistem za praćenje realizacije projekta,
- podsistem za upravljanje ljudskim resursima,
- podsistem za upravljanje mehanizacijom,
- podsistem za praćenje utroška materijala,
- podsistem za ugovaranje
- podsistem za evidenciju poslovnih partnera,
- podsistem za upravljanje dokumentima,
- podsistem za planiranje,
- podsistem za optimizaciju trajanja projekta.

Navedeni podsistemi funkcionišu u integrisanom okruženju, što znači da se podaci iz jednog podsistema, mogu bez ikakve dodatne obrade koristiti i u drugim podsisitemima. Pored toga, podaci se mogu i eksportovati iz sistema i koristiti u drugim komercijalnim aplikacijama za planiranje i praćenje realizacije projekta. Povezanost podsistema prikazana je na *slici 7*.

Na *slici 8* su prikazani ulazni i izlazni rezultati primene sistema za računarski podržano planiranje



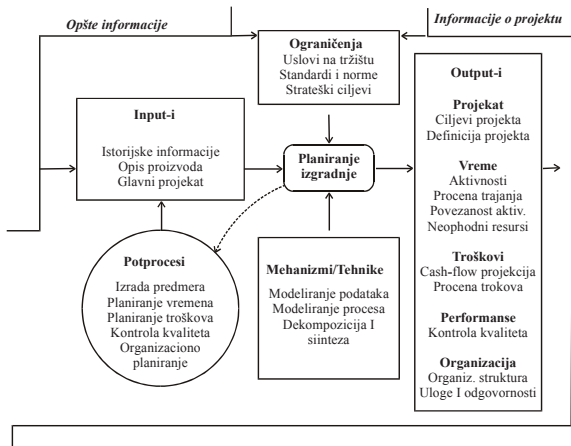


Slika 7.- *Struktura informacionog sistema za planiranje i praćenje realizacije građevinskog projekta*

realizacije objekta. Kao što je već naglašeno, osnovni cilj bio je razvoj svih aplikacija za upravljanje projektima u okviru jedinstvenog modela za upravljanje projektima, što predstavlja alternativno rešenje trenutnoj situaciji u kojoj se različite aplikacije nezavisno koriste.

Kao ulazni podaci u sistemu se koriste opšte i informacije vezane za projekat (opis objekta i glavni projekat). Sistem u obzir uzima i sledeća ograničenja: stanje na tržištu (domaćem i stranom), važeće standarde i građevinske norme i strateške ciljeve preduzeća. U okviru sistema se koriste tehnike modeliranja podataka i procesa, planiranja, analize, dekompozicije i sinteze.

Proces planiranja izgradnje objekta, koji je sadržan u sistemu, sastoji se od sledećih potprocesa: izrada predmera, planiranje vremena, planiranje troškova, praćenje realizacije projekta, praćenje utroška materijala



Slika 8. - *Procesi koje podržava informacijski sistem za planiranje i praćenje realizacije projekta*

i angažovanja drugih resursa (mehanizacija, oprema, radna snaga), kontrola kvaliteta i organizaciono planiranje, optimizacija trajanja projekta i probabilističko i posibilističko planiranje.

Primenom sistema za računarski podržano planiranje i praćenje realizacije projekta dobijaju se izlazni rezultati vezani za projekat, vreme, troškove, performanse proizvoda i organizaciju.

## 7. MOGUĆI NAČINI PRIMENE SISTEMA

Formirani informacioni sistem se može koristiti za obavljanje sledećih aktivnosti tokom planiranja i praćenja realizacije projekta:

- za unos i čuvanje osnovnih podataka o projektima i objektima čija je realizacija u toku,
- za definisanje mrežnog plana po kome se vrši realizacija projekta,
- za vođenje evidencije o ponudama i sklopljenim ugovorima na projektu,
- za primenu važećih i iskustvenih građevinskih normi,
- za određivanje dinamike realizacije radova,
- za izradu predračuna radova (po aktivnostima i zbirno),
- za alokaciju mehanizacije, materijala i radne snage po aktivnostima,
- za praćenje dinamike realizacije projekta,
- za vođenje evidencije o kadrovima unutar građevinskog preduzeća,
- za vođenje evidencije o stanju materijala i njegovim nabavkama,
- za posibilističko i probabilističko planiranje projekta,
- za optimizaciju trajanja projekta u odnosu na ukupne troškove na projektu.

Da bi predloženi informacioni sistem dao očekivane rezultate i unapredio praćenje realizacije projekta kao

i kontrolu kvaliteta izvedenih radova, potrebno je da korisnici sistema unose neophodne podatke kao i da vrše njihovo redovno ažuriranje. Pošto se sistemom može tačno da utvrdi alokacija resursa (radna snaga, mehanizacija i materijali) po aktivnostima potrebno je da se u redovnim vremenskim intervalima (predlaže se da to bude dnevno ili eventualno nedeljno) vrši unos podataka o izvedenim radovima. Na taj način menadžment preduzeća i klijenti mogu u svakom trenutku vremena da znaju koji radovi su završeni i kako se to održava na dinamiku radova koji slede. Pored toga redovno ažuriranje navedenih podataka je bitno i za praćenje utroška materijala kao i stanja materijala na gradilištu. Predložena ažuriranja obavljao bi šef gradilišta ili od nega ovlašćeno stručno licu, koje bi na kraju radnog vremena unosio podatke o realizaciji izvedenih radova. Pošto bi se unos ovih podataka vršio jednom dnevno nije neophodno da na gradilištu postoji replika informacionog sistema, već bi se korišćenjem internet veze vršio direktan unos podataka u bazu podataka koja se nalazi u sedištu građevinskog preduzeća.

Kao što je već istaknuto, sastavni deo sistema je i kadrovska služba, koja pruža mogućnost menadžmentu preduzeća da zna raspored i raspoloživost kadrova. Ako se vrši redovan unos podataka o kadrovima (njihov raspored po dužnostima i položaj u preduzeću) uz odgovarajuće tačne podatke o radovima u toku moguće je, pomoću predloženog sistema, da se za svaki dan tačno zna koji će radnik obavljati koje poslove.

## **8. PRAVCI DALJEG RAZVOJA INFORMACIONOG SISTEMA**

Na osnovu postignutih rezultata i donetih zaključaka predlažu se sledeći pravci daljeg razvoja ovog sistema:

1. Analizom procesa i tokova podataka koji se javljaju prilikom realizacije građevinskog projekta može se zaključiti da je broj transakcija relativno mali (podaci se u najboljem slučaju ažuriraju jednom dnevno a u većini slučajeva je to i ređe). Zbog toga se ne preporučuje korišćenje distribuirane baze podataka, već je bolje da je baza podataka centralizovana i da su svi podaci smešteni na serveru koji se nalazi u sedištu građevinske firme. Unos podataka sa gradilišta bi se vršio preko interneta i primenom nekog od komercijalnih Web broser-a. Da bi se to ostvarilo potrebno je pored informacionog sistema, koji je već razvijen, kreirati i Web server kao i određeni broj aplikacija, preko kojih bi ovlašćeni korisnici primenom interneta mogli da pristupe bazi podataka. Primitveni podaci bi se, preko postojećih procedura, obrađivali i unosili u centralnu bazu podataka.
2. Postojeći informacioni sistem bi trebalo povezati sa nekom od komercijalnih CAD aplikacija, što bi omogućilo automatizaciju procesa izrade predmera radova. Naravno, to pretpostavlja da su svi crteži

dostupni i u elektronskoj formi. Na ovaj način bi se izvršilo povezivanje procesa projektovanja objekta sa procesom planiranja i praćenja izgradnje, a takođe bi se povećao i stepen automatizacije procesa izrade predračuna radova i primene građevinskih normi.

3. U razvijenom informacionom sistemu, kao što je već objašnjeno, u potpunosti je podržan proces ugovaranja i praćenja realizacije ugovora. Sistem bi se mogao proširiti i procesom praćenja naplate izvedenih radova, čime bi se poboljšao uvid u finansijske tokove na građevinskom projektu.
4. U predloženom informacionom sistemu bi se, pored navedenih podataka, mogli čuvati i podaci o izvedenom stanju objekta, čime bi se sistem proširio i sistemom potrebnim za održavanje objekta (facility management). Na ovaj način bi se poboljšala i kontrola kvaliteta izvedenih radova, što je jedan od bitnih faktora uspešne realizacije projekta.

## 9. LITERATURA

- [1] AHMAD, I, U., RUSSELL, J., ABOU-ZEID, A., “*Information technology (IT) and integration in the construction industry*”, Construction Management and Economics, 13, pp 163 –171, 1995.

- [2] FINCH, E., *Net Gain in Construction*, Butterworth-Heinemann, 2000.
- [3] FROESE, T., RANKIN, J., YU, K., “*Project management application models and computer-assisted construction planning in total project systems*”, Intern. Journal of Construct. Information. Technology. 5, pp 39 – 49, 1997.
- [4] PRAŠČEVIĆ, N., *Informacioni sistem za planiranje i praćenje realizacije projekta u građevinarstvu*, Doktorska disertacija, Građevinski fakultet, Beograd, 2004.
- [5] RANKIN, J. H., FROESE, T. M., “*Information population of an integrated construction management system*”, Comp. – Aided Civil and Infrastr. Engin., 17, pp 256 – 268, 2002.