

**UNIVERZITET U BEOGRADU
GRAĐEVINSKI FAKULTET**

mr Simo V. Sudić, dipl.grad.inž

**OPTIMALNI MODELI ZA PLANIRANJE I
UPRAVLJANJE TROŠKOVIMA
REALIZACIJE GRAĐEVINSKIH
PROJEKATA**

- Doktorska disertacija -

Beograd, 2012.

Mentor:

dr Branislav Ivković, dipl.građ.inž

Redovni profesor Građevinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu

Članovi komisije:

dr Miloš Knežević, dipl.građ.inž

Vanredni profesor Građevinskog fakulteta u Podgorici

dr Nenad Ivanišević, dipl.građ.inž i dipl. pravnik

Docent Građevinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu

Datum odbrane:

OPTIMALNI MODELI ZA PLANIRANJE I UPRAVLJANJE TROŠKOVIMA REALIZACIJE GRAĐEVINSKIH PROJEKATA

APSTRAKT

Cilj izrade ove disertacije je naučni opis konceptualnog okvira za planiranje i kontrolu realizacije građevinskih projekata baziranog na savremenim metodama usklađenim sa realnim stanjem domaćeg građevinarstva, kako bi se omogućilo uspešno upravljanje projektima u skladu sa zahtevima i standardima međunarodnih ugovora.

U prvom delu disertacije definisani su: predmet i ciljevi istraživanja, kao i metodologija izrade disertacije. Nakon toga objašnjene su sadašnje ekonomske karakteristike građevinskog tržišta, predviđanje budućih kretanja i predložene su mere za poboljšanje funkcionisanja građevinskog sektora u Srbiji. U drugom delu disertacije objašnjena je važnost planerskog pristupa pri upravljanju građevinskim projektima, gde su pobrojani i ukratko objašnjeni i načini sprovođenja tenderskih postupaka pri izboru izvođača radova, kao segment kojim najviše može da se utiče na trajanje i uspešnost realizacije projekta. U trećem delu objašnjeni su standardni modeli za kontrolu realizacije projekata, i data je detaljna metodologija za analizu i upravljanje rizicima. Na osnovu analize nedostataka standardnih savremenih metoda formiran je model za planiranje i kontrolu realizacije, baziran na kontroli direktno angažovanih ljudskih resursa sa akcentom na finansijsko planiranje, zasnovan na principima upravljanja lancima snabdevanja (*supply chain management*), a kontrola realizacije je bazirana na primeni "*last planner*" metodologije. Ovaj model je predstavljen kao osnova za razvoj i prilagođavanje konkretnim problemima u praksi, pri realizaciji zasnovanoj na transparentnom prikazivanju troškova. U četvrtom poglavlju dat je prikaz primene neuralnih mreža kao osnova za matematičko modeliranje modula za planiranje troškova na građevinskim projektima.

Podaci koji su prikupljeni sa projekata gde je primenjena analiza zarađene vrednosti su korišćeni za trening neuralne mreže kako bi se ustanovila zavisnost parametara kojima se meri uspešnost projekata. Međutim, sa raspoloživim uzorkom nije se postigla dovoljna tačnost iako se sa povećanjem broja podataka za trening greška smanjivala, tako da nije moguće koristiti ovakav model, ali ga je moguće unaprediti sa dodatnim podacima za trening, kako bi se povećala tačnost ustanovljenog modela.

Na osnovu izvršenih analiza i prikupljenih podataka iz prakse definisane su dve neuralne mreže, jedna za predviđanje uspešnosti kompletnog projekta sa šest ulaznih i dve izlazne varijable, koje predstavljaju % izvršenja i PF faktor na nivou kompletnog projekta, koja nije dala očekivane rezultate, i druga sa deset ulaznih i dve izlazne varijable, koje predstavljaju troškove izgradnje i ostvareni profit izvođača radova, i koje su iskorišćene kao osnova za trening neuralne mreže, u programu MatLab.

Kako podaci vezani za troškove građenja predstavljaju praktično linearnu aproksimaciju, sa dovoljnom tačnošću može se razviti model u kome ulazni podaci ne moraju biti visoke tačnosti, već se mogu aproksimirati u unapred određenom opsegu. Ovo je i potvrđeno primenom heksa asocijativne memorije.

U šestom poglavlju model je primenjen na 3 karakteristična slučaja iz prakse, i postignuta je dovoljna tačnost za donošenje odluke o razvoju određenih projekata. Na kraju su dati zaključci do kojih se došlo takom izrade ove disertacije.

KLJUČNE REČI: građevinski projekti, planiranje, model za kontrolu realizacije projekata, analiza i upravljanje rizicima, neuralne mreže, upravljanje lancima snabdevanja, tenderske procedure

Naučna oblast: Građevinarstvo

Uža naučna oblast: Građevinski menadžment i Tehnologija izvođenje građevinskih radova

UDK broj: 270/12

OPTIMAL MODELS FOR PLANNING AND MANAGING EXPENCES OF CONSTRUCTION PROJECT REALISATION

ABSTRACT

The aim of this dissertation is a scientific description of the conceptual framework for planning and controlling the implementation of construction projects based on modern methods compatible with the real situation of the domestic construction industry, in order to enable successful projects management in accordance with the requirements and standards of international contracts.

The first part of the thesis defines the subject and research objectives as well as the methodology of the dissertation. Afterwards the current economic characteristics of the construction market, forecasting future trends are explained and the measures for the improvement of construction sector functioning in Serbia. The second part of the thesis explains the importance of the planning approach in construction projects management, where also the ways of tendering procedures implementation in the selection of contractors are listed and briefly explained as a segment that can mostly affect the duration and success of the project completion. The third section explains the standard models for the control of project implementation, and provides a detailed methodology for the risk analysis and management. Based on the analysis of standard modern methods deficiencies the model for planning and implementation control is formed based on the control of directly involved human resources with the emphasis on financial planning. It is formed on the principles of supply chain management based on "the last planner" methodology. This model is presented as a basis for the development and adaptation of specific problems in practice at the implementation with a transparent presentation of costs. The third chapter gives an overview of neural networks application as a basis for mathematical modeling of modules for planning costs on construction projects.

The data collected from the projects where the analysis of earned value is applied have been used for the neural network training to establish the dependence of the parameters which measure the success of projects. However, sufficient accuracy was not achieved with the available sample, although error decreased with the increase of the number of data for training; thus it is not possible to use such a model, but it can be improved with additional data for training in order to increase the accuracy of the established model.

Based on the analyses and data collected from the practice defined by the two neural networks, one for predicting the success of the overall project with six input and two output variables that represent the completion percentage as well as PF factor at the level of the overall project, which has not made the expected results, and the other with ten input and two output variables, which represent construction costs and realized contractors' profit, and which are used as the basis for neural network training in Matlab program.

As the data regarding the construction costs are practically a linear approximation with sufficient accuracy the model can be developed in which input data need not be of high accuracy, but can be approximated in a predetermined range. This has been confirmed by using a hex of associative memory.

In the sixth chapter this model is applied to three typical case studies, and sufficient accuracy is achieved to make a decision on the development of certain projects. Finally, the conclusions are given reached during the dissertation completion.

KEY WORDS: construction projects, planning, model for projects implementation control, analysis and risk management, neural networks, supply-chain management, tendering procedures

Scientific field: Construction

Specific scientific field: Construction management and technology

UDK number: 270/12

SADRŽAJ

1.	UVOD	1
1.1	Predmet i ciljevi istraživanja	1
1.1.1.	<i>Metodologija izrade doktorske disertacije.....</i>	<i>4</i>
1.2	Sadašnje i buduće ekonomske karakteristike građevinskog tržišta.....	6
1.2.1	<i>Uvod</i>	<i>6</i>
1.2.2	<i>Sadašnje ekonomske karakteristike građevinskog tržišta</i>	<i>9</i>
1.2.3	<i>Buduće ekonomske karakteristike građevinskog tržišta</i>	<i>12</i>
1.2.4	<i>Mere za poboljšanje građevinarstva u Srbiji</i>	<i>18</i>
1.2.4.1	<i>Mere za uređivanje tržišta</i>	<i>19</i>
1.2.4.2	<i>Mere za povećanje likvidnosti.....</i>	<i>20</i>
1.2.4.3	<i>Mere za povećanje uposlenosti</i>	<i>20</i>
1.2.4.4	<i>Mere za podsticanje izvoza.....</i>	<i>21</i>
1.3	Važnost planerskog pristupa u upravljanju građevinskim projektima 22	
1.3.1	<i>Uvod.....</i>	<i>22</i>
1.3.2	<i>Faze u realizaciji projekta.....</i>	<i>23</i>
1.3.3	Načini sprovođenja tenderskog postupka i izbor izvođača radova (Method of Procurement).....	24
1.3.3.1	<i>Tradicionalni pristup</i>	<i>24</i>
1.3.3.2	<i>Ugovaranje u dve faze (Two stage tendering).....</i>	<i>25</i>
1.3.3.3	<i>"Projektuj i izgradi" (Design and Build)</i>	<i>27</i>
1.3.3.4	<i>Menadžment pristup (Management Contracts).....</i>	<i>29</i>
1.3.3.5	<i>Upravljanje izgradnjom (Construction Management).....</i>	<i>29</i>
1.3.3.6	<i>Ugovaranje i upravljanje izgradnjom (Management Contracting).....</i>	<i>30</i>
1.3.3.7	<i>Zajednički poduhvat (Joint Venture).....</i>	<i>31</i>
1.3.3.8	<i>Partnerstvo.....</i>	<i>32</i>
1.3.3.9	<i>Primarno ugovaranje (Prime Contracting).....</i>	<i>32</i>
1.3.3.10	<i>PFI - Privatna inicijativa finansiranja</i>	<i>33</i>
1.3.4	Planiranje realizacije građevinskih projekata.....	35
1.3.4.1	<i>Značaj pravilnog definisanja WBS strukture.....</i>	<i>36</i>
1.3.4.2	<i>Nivoi planiranja</i>	<i>38</i>
2.	STANDARDNI MODELI ZA KONTROLU REALIZACIJE PROJEKATA	43
2.1	Uvod	43

2.2	Analiza i upravljanje rizicima	44
2.2.1	<i>Uvod.....</i>	44
2.2.2	<i>Rizik i Hazard.....</i>	45
2.2.3	<i>Opšte o riziku.....</i>	46
2.2.3.1	<i>Pojam verovatnoće.....</i>	50
2.2.4	<i>Podel rizik.....</i>	51
2.2.5	<i>Upravljanje rizicima.....</i>	52
2.2.5.1	<i>Identifikacija rizika.....</i>	54
2.2.5.2	<i>Kvalifikacija rizika.....</i>	54
2.2.5.3	<i>Kvantifikacija rizika.....</i>	55
2.2.5.4	<i>Očekivana novčana vrednost (expected monetary value – EMV)</i>	56
2.2.5.5	<i>Matrica odlučivanja.....</i>	57
2.2.5.6	<i>Stablo odlučivanja</i>	59
2.2.5.7	<i>Analiza osetljivosti.....</i>	62
2.2.5.8	<i>Bajesova (Bayesian) teorija.....</i>	63
2.2.5.9	<i>Distribucija verovatnoća.....</i>	64
2.2.5.10	<i>Monte Carlo simulacije</i>	65
2.2.5.11	<i>Teorija korisnosti.....</i>	66
2.2.6	<i>Alati i tehnike upravljanja rizicima.....</i>	68
2.3	Upravljanje lancima snabdevanja (Supply Chain Management)	76
2.4	Struktura troškova građevinskog projekta	79
2.5	Standardni modeli za kontrolu realizacije projekata.....	89
2.5.1	<i>Tradicionalni dinamički model za kontrolu troškova.....</i>	92
2.5.2	<i>Analiza zarađene vrednosti (Earned Value Analysis - EVA).....</i>	96
2.5.3.1	<i>Matematička interpretacija načina procenjivanja procenta učešća pojedinih pozicija radova.....</i>	98
2.5.3	<i>Primer merenja progresu primenom analize zarađene vrednosti.....</i>	106
2.5.4	<i>Poslednji planer ("Last planner")</i>	108
3.	MODEL PLANIRANJA GRAĐEVINSKOG PROJEKTA SA AKCENTOM NA FINANSIJSKO PLANIRANJE.....	111
3.1	Uvod	111
3.2	Planiranje angažovanja ljudskih resursa na građevinskim projektima.....	112
3.2.1	<i>Finansijsko planiranje građevinskih projekata</i>	114

3.3	Predloženi model za planiranje i kontrolu realizacije građevinskih projekata	117
4.	FORMULACIJA ODGOVARAJUĆIH MATEMATIČKIH MODELA ZA PLANIRANJE	123
4.1	Primena teorije neuralnih mreža u građevinarstvu	123
4.2	Biološki prototip.....	124
4.3	Veštački neuron.....	125
4.3.1	<i>Trening neuralne mreže - matematička interpretacija.....</i>	<i>127</i>
4.3.2	<i>Pravilo Delta za obučavanje mreže</i>	<i>130</i>
4.3.3	<i>Povratno prenošenje (Back-propagation).....</i>	<i>130</i>
4.4.4	<i>Broj skrivenih slojeva</i>	<i>133</i>
4.3.5	<i>Varijacije na standardnom više-slojnom perceptronu.....</i>	<i>134</i>
4.3.6	<i>Zaustavljanje treninga.....</i>	<i>135</i>
4.3.7	<i>Mreže koje se seme organizuju (samo-organizujuće mreže).....</i>	<i>136</i>
4.3.8	<i>Instar i Outstar mreže</i>	<i>136</i>
4.3.9	<i>Neuralno čišćenje (Neural pruning)</i>	<i>138</i>
4.4	Asocijativne memorije	139
5.	PRIKUPLJANJE I SREĐIVANJE PODATAKA IZ PRAKSE SA REALIZACIJE VELIKIH INVESTICIONIH PROJEKATA	147
5.1	Određivanje međuzavisnosti angažovanja ljudskih resursa, procenta izvršenja i faktora izvršenja korišćenjem teorije neuralnih mreža	147
5.2	Određivanje troškova izgradnje i očekivanog profita uz pomoć trenirane mreže tehnikom neuralnog računanja	151
5.2.1.	<i>Uvod.....</i>	<i>151</i>
5.2.2.	<i>Ulazni podaci, trening i proračun mreže.....</i>	<i>152</i>
6.	PRIMENA MODELA NA NEKE KARAKTERISTIČNE SLUČAJEVE IZ PRAKSE UZ KORIŠĆENJE PRIKUPLJENIH PODATAKA	166
7.	ZAKLJUČCI.....	174
8.	LITERATURA.....	177

9.	POPIS I DEŠIFROVANJE OZNAKA I SKRAĆENICA.....	183
10.	PRILOZI	185
11.	BIOGRAFIJA AUTORA.....	193

1. UVOD

Građevinska privreda Srbije se nalazi u specifičnoj situaciji nakon delimično izvršenog tranzicionog procesa, razvoja novih investicionih programa, promena u strukturi stanovništva, reformi u školstvu i drugo. Naša zemlja je imala pre ovih procesa dobro razvijenu infrastrukturu, ali su se javile nove potrebe zbog migracije stanovništva pretežno u gradske centre, razvoja novih energetskih i industrijskih pogona itd. Osim toga geografski položaj naše zemlje je vrlo specifičan jer se nalazi na glavnim istočno-evropskim koridorima, koji su prioritet za povezivanje Evrope sa Azijom, a i ubrzavanje integrisanja naše zemlje u Evropskom smislu.

Kako je industrijski razvoj naše zemlje usporen, neminovno će se nastaviti razvoj poljoprivrede, uz razvoj energetike za domaće i inostrane potrebe. Da bi se aktiviranje svih domaćih potencijala adekvatno ostvarilo neophodno je održavati i dalje razvijati domaću građevinsku privredu. Domaća građevinska industrija je izgubila u poslednjih 20-tak godina na svojoj konkurentnosti, iako je 70-tih i 80-tih godina prošlog veka bila elitna grana privrede Jugoslavije. Razlozi za to su brojni, ali je jedan od osnovnih razloga slaba praktična primena sve bolje razvijenih ekonomskih disciplina u građevinski proces, tj. osavremenjavanje građevinskog poslovanja u smislu boljeg planiranja i kontrole realizacije projekata.

Tradicionalno shvatanje građevinarstva je nasleđeno iz planske privrede, gde su projektovanje i izvođenje radova odvojeni procesi, uspostavljaju se tradicionalni ugovorni odnosi između investitora i svih učesnika na projektu, odobrenje za gradnju se dobija na osnovu kompletirane projektne dokumentacije, tako da ovako komplikovan i spor proces realizovanja građevinskih projekata nije prihvatljiv sa stanovišta savremenog projektnog finansiranja. Zbog svega toga u savremenom upravljanju projekata razvijaju se modeli za planiranje u kontrolu realizacije projekata kako bi se maksimalno ostvarila optimizacija svih procesa.

U ovoj disertaciji biće obrađeni modeli za planiranje i operativnu i finansijsku kontrolu realizacije građevinskih projekata, zasnovani na naučnim i praktičnim principima i realizovanja velikih projekata na internacionalnom tržištu.

Razvojem i primenom ovih modela domaća građevinska preduzeća će povećati produktivnost, lakše će upravljati rizicima i učestvovati na velikim građevinskim projektima koji se finansiraju iz raznih međunarodnih fondova, kredita i zajmova i na kojima se primenjuju međunarodni ugovori.

1.1 Predmet i ciljevi istraživanja

U skladu sa dinamičnim promenama na svetskom ekonomskom tržištu dešavaju se i velike promene u građevinskom sektoru, što se odražava i na domaće građevinarstvo. Imajući u vidu da je građevinarstvo grana privrede koja je u operativnom delu opte-

rećena mnogim rizicima, uz takođe visok rizik koji postoji na tržištu investicija, potrebno je planiranjem i upravljanjem projektima svesti te rizike na prihvatljiv nivo. Upravljanje rizicima u građevinskom sektoru omogućava smanjivanje troškova građevinskog proizvoda, čime se postiže kontinuitet u realizaciji projekata i drastično se osnažava građevinski sektor.

Imajući u vidu savremene pristupe u upravljanju projektima moguće je formirati model za efikasno upravljanje projektima, baziran na planiranju realizacije sa akcentom na finansijsko planiranje, i primeniti ga sa ciljem održavanja i povećanja profita. Planiranje realizacije građevinskih projekata u ovoj disertaciji će se tretirati kroz dve funkcije, i to donošenje odluka o daljoj realizaciji i samo planiranje realizacije. Zbog toga će u disertaciji posebno biti obrađena teorija, analiza i upravljanje rizicima.

Iako je domaći građevinski sektor doživeo velike promene usled tranzicije i velikih promena na svetskom ekonomskom tržištu, uočava se ustaljeni trend u razvoju investicija i građevinskih preduzeća u našoj zemlji. Moguće je oformiti konceptualni okvir za upravljanje građevinskim projektima koji je usklađen sa realnim stanjem na domaćem i inostranom tržištu i prilagođen modelima preduzeća koji su dominantni na tržištu, kako bi se omogućilo efikasnije nastupanje na tržištu u svim segmentima građevinarstva.

Teorijsko i operaciono određivanje predmeta istraživanja zasnovano je na potrebi da se pronađe efikasan model za planiranje i kontrolu realizacije projekata, tj. za upravljanje projektima koji bi pomogao svim učesnicima u realizaciji projekata da efikasnije dolaze do završnih proizvoda, uz lako prilagođavanje uslovima tržišta. Imajući u vidu da kapacitete preduzeća nije moguće planirati i dimenzionisati tako da zadovoljavaju sve uslove i tendencije na građevinskom tržištu, treba težiti razvoju malih specijalizovanih preduzeća ili univerzalnom modelu preduzeća koje je sposobno da odgovori na sve promene na tržištu. Ova istraživanja mogu biti korisna za određivanje univerzalnog modela za upravljanje projektima u preduzećima koja posluju na različitim tržištima, prvenstveno prilikom donošenja odluka ili planiranju i kontroli projektata sa stanovišta investitora, generalnog izvođača radova ili konsultanta za izgradnju i upravljanje projektom, a suženo je na sektor visokogradnje u postojećim dinamičnim tržišnim uslovima.

Velika podrška ispunjenju ovog zadatka može se ostvariti primenom metoda matematičke statistike, operacionih istraživanja i metodama veštačke inteligencije, kao što su neuralne mreže. Polazna osnova za ovo istraživanje je teorija i analiza rizika, koja je detaljno obrađena i dat je model za upravljanje rizicima na građevinskim projektima. Osim toga, identifikovani su najveći rizici vezani za ugovaranje i načine sprovođenja tenderskih procedura uz definisanje troškova na projektima. Rizici na građevinskim projektima mogu da prouzrokuju kašnjenja i povećanje troškova izvođenja radova, zbog čega može doći do sporova i odštetnih zahteva. Dodatni razlozi su i u samoj strukturi troškova građevinskog proizvoda, koja direktno zavisi od trajanja samog projekta, pa model za planiranje i kontrolu treba da bude baziran na prethodno utvrđenom optimalnom trajanju projekta.

Gruba podela na faze u realizaciji projekta je na projektovanju, sprovođenje tenderskih procedura i ugovaranje i izgradnju. U ovoj disertaciji je objašnjen uticaj na rizike izborom odgovarajuće ugovorne strategije i učesnika u realizaciji projekta, jer je

polazna pretpostavka da proces projektovanja i izvođenja radova prvenstveno zavisi od kompetentnosti, tj. sposobnosti preduzeća da realizuje odgovarajući projekat. Najveći uticaj na uspešnost, tj. troškove i vreme realizacije projekta može da se ostvari sprovođenjem odgovarajuće tenderske procedure i ugovorne strategije.

Standardni modeli za planiranje i kontrolu realizacije projekata se baziraju na primeni analize zarađene vrednosti (*earned value analysis*), i u novije vreme operativno planiranje se sprovodi primenom sistema "poslednji planer" (*last planner*). Kontrola realizacije projekata korišćenjem modela baziranim na analizi zarađene vrednosti je efikasna ukoliko se ulazni podaci analitički obrade pre proračuna. Nepravilna klasifikacija podataka je najčešći uzrok netačnih rezultata koji se dobijaju korišćenjem ove analize. "Poslednji planer" je predviđen za operaciono planiranje i kontrolu realizacije i suština kontrole koja se sprovodi je u merenju produktivnosti, tj. procenta realizacije na projektu, pri čemu se tretiraju samo kompletno realizovane aktivnosti.

Glavni cilj istraživanja u ovoj disertaciji su naučni opis konceptualnog okvira za planiranje i kontrolu realizacije projekta baziranog na savremenim metodama usklađenim sa realnim stanjem našeg građevinarstva kako bi se omogućilo uspešno upravljanje projektima u skladu sa zahtevima i standardima međunarodnih ugovora. Ostali ciljevi su vezani za formiranje modela za kontrolu realizacije projekata koji bi se bazirao na kontrolisanju pojedinih segmenata građevinske proizvodnje, uz postizanje visoke tačnosti vezano za merenje uspešnosti kompletnog projekta. Formiranje modela za procenjivanje troškova na objektima visokogradnje treba da se bazira na osnovu grube procene određenih pozicija i ocenjivanju određenih uslova tokom realizacije određenih projekata. Osim toga, cilj ove disertacije je teorijska obrada rizika i prilagođavanje građevinskom sektoru, kao i predlog načina analiziranja i upravljanja rizicima.

Za planiranje troškova građevinskog projekta predložen je model baziran na prikupljenim istorijskim podacima realizovanih projekata, koji se korišćenjem neuralnih mreža generišu, tako da je za buduće projekte moguće planirati troškove na osnovu ulaza koji predstavljaju samo neke od elemenata troškova na projektu, kao i nekih vrednosti koje predstavljaju specifičnosti projekta koji utiču na ukupne troškove izgradnje. Ovakav model je primenljiv prilikom odlučivanja da li treba investirati u projekat na datom tržištu, pod unapred procenjenim nivoom rizika, tj. obavlja se procena troškova izgradnje pod unapred definisanim uslovima.

Ovaj model ne može da se primeni za tačnu procenu pre početka realizacije projekta, izradu ponude i kontrolu troškova podizvođača, posebno na objektima visokogradnje kod kojih je struktura troškova specifična i jako razgranata. On je dobar kao brza procena prilikom određivanja troškova građenja od strane investitora, ali i za izvođačeve procene u slučaju da treba doneti odluku o učestvovanju na tenderu i upoređivanju cena na datom tržištu sa troškovima preduzeća prilikom donošenja odluke o angažovanju na predmetnom tržištu. Model bi trebao permanentno da se unapređuje sakupljenjem novih podataka, čime bi se postizala veća tačnost i pratili trendovi pojedinih tržišta.

Statistička obrada sakupljenih podataka vezanih za troškove pojedinih delova objekata visokogradnje bi trebala obradom i logičkim planerskim raspoređivanjem da rezultira procentima finansijske realizacije za pojedine delove, tj. faze izgradnje, na određenim

1.UVOD

tržištima. Na taj način se može grubo ocenjivati realizacija, sa stanovišta investitora i protok novca (*cash flow*) na projektu. Osim toga cilj ove analize treba da bude predlog optimalnog plana, čime bi se u realizaciji objekata visokogradnje smanjio rizik vezan za kvalitet izvedenih radova.

Predloženi model za kontrolu realizacije projekata je baziran na pretpostavci da se projekti moraju realizovati u unapred strogo definisanim rokovima. Indirektni troškovi na taj način se optimizuju, a cilj ovog načina kontrole je da se stalnim re-planiranjem utiče da se plan realizuje bez kašnjenja. Predlog je da se stalno planiranje i kontrola vrši u radnim časovima, a da se promene identifikuju kao procentualno odstupanje. Osnovni cilj ovog modela je da se planovi unapređuju, i da se na osnovu statističkih podataka utvrđuju optimalne organizacione strukture na određenim projektima, produktivnost i drugi parametri na osnovu koji bi se unapredila uspešnost projekata.

1.1.1 Metodologija izrade doktorske disertacije

Na osnovu iznetih razmatranja formirana je metodologija izrade disertacije koja se sastoji u sledećem:

- sagledati sadašnje karakteristike domaćeg i internacionalnog građevinskog tržišta i dati analizu budućih kretanja, sa predlozima za poboljšanje i razvoj domaće građevinske industrije;
- razmotriti važnost planerskog pristupa u upravljanju građevinskim projektima, i dati objašnjenje standardnom pristupu planiranja;
- definisati i razložiti uopšten problem upravljanja građevinskim projektima i analizirati standardne modele za kontrolu realizacije projekata;
- predložiti model na osnovu analize finansiranja građevinskih projekata za operativno planiranje i kontrolu realizacije građevinskih projekata;
- formulisati odgovarajuće matematičke modele na osnovu kojih je moguće sprovesti preliminarno planiranje troškova građevinskih projekata;
- prezentovati prikupljene podatke sa prethodno realizovanih projekata i predloženi program za planiranje troškova;
- obrazložiti primenu modela na neke karakteristične slučajeve iz prakse uz korišćenje prikupljenih podataka.

Naučne oblasti koje će se analizirati sa ciljem pronalaženja modela za rešavanje problema upravljanja projekata su:

- *Savremene upravljačke metode* razvijene specijalno za primenu na građevinskim projektima;
- *Teorija rizika* sa metodama analize i upravljanja rizicima koja se zasniva na korišćenju alata za procenjivanje i procesuiranje rizika radi rešavanja konkretnih problema;
- *Teorija neuralnih mreža* uz prikupljanje podataka za trening, razvoj modela uz korišćenje softvera za razvoj mreže i testiranje modela na realnim primerima iz prakse

Pri tome, pošto je cilj ove disertacije primena modela na realnim projektima, bitno je da predloženi modeli budu:

- jednostavni i efikasni prilikom primene u praksi;
- međusobno kompatibilni, uz moguće formiranje integrisanog modela za planiranje i upravljanje projektima;
- primenljivi na različitim projektima, uključujući različite faze u realizaciji građevinskih projekata;
- primenljivi bez specijalne prethodne pripreme i obuke.

Materija koja je izložena u okviru ove disertacije podeljena je u šest poglavlja.

Na početku prvog poglavlja dat je uvod sa prikazom predmeta i ciljeva istraživanja, kao i metodologija izrade ove disertacije. U drugom delu ovog poglavlja data je analiza sadašnjih ekonomskih karakteristika građevinskog tržišta, kao i predviđanja budućih kretanja na građevinskom tržištu. U trećem delu prvog poglavlja objašnjen je značaj planerskog pristupa pri upravljanju građevinskim projektima, i prikazani su načini sprovođenja tenderskih postupaka i izbor izvođača radova.

U drugom poglavlju su obrađeni rizici na građevinskim projektima, i dat je predlog načina analiziranja i upravljanja rizicima na velikim građevinskim projektima. U nastavku je dat prikaz načina realizacije projekata upravljanjem lancima snabdevanja, sa posebnim osvrtom na primenu na građevinskim projektima. Nakon toga je data struktura troškova građevinskog projekta, sa posebnim osvrtom na uticaj trajanja samog projekta na njegove troškove. U poslednjem delu ovog poglavlja obrađeni su najzastupljeniji standardni modeli za kontrolu realizacije građevinskih projekata. Detaljno su opisani tradicionalni dinamički model za kontrolu realizacije projekata, analiza zarađene vrednosti i model poslednji planer.

U trećem poglavlju predložen je model za planiranje građevinskih projekata sa akcentom na finansijsko planiranje, baziran na planiranju i kontroli angažovanja ljudskih resursa.

U četvrtom poglavlju je data formulacija matematičkih modela za planiranje, i to primena teorije neuralnih mreža i asocijativne memorije.

U petom poglavlju su prikazani rezultati nakon treninga neuralnih mreža za dva seta podataka. Prvi set podataka se odnosi na određivanje međuzavisnosti angažovanja ljudskih resursa, procenta izvršenja i faktora izvršenja, dok se drugi odnosi na određivanje troškova izgradnje i očekivanog profita.

U šestom poglavlju je primenjen potvrđeni model na neke karakteristične slučajeve iz prakse, uz korišćenje prikupljenih podataka.

Na kraju disertacije su dati zaključci do kojih se došlo takom njene izrade.

1.2 Sadašnje i buduće ekonomske karakteristike građevinskog tržišta

1.2.1 Uvod

Građevinska privreda je veoma važna privredna grana za funkcionisanje privrede u celini. Građevinarstvo je privredna oblast sa izuzetno velikim eksternim efektima, jer angažuje oko 30 privrednih grana pri odvijanju svog proizvodnog procesa, zbog čega se smatra pokretačem privrednog razvoja. Razvoj građevinarstva prati ukupni privredni razvoj zemlje i uslovljen je obimom, strukturom i dinamikom investicija.

Vreme izrade ove disertacije se poklopila sa globalnom recesijom, tj. "svetskom ekonomskom krizom", tako da se mnoge analize neće poklapati sa stvarnim stanjem, ali će se posmatrati globalni trend koji je postojao pre krize i projekcije koje su pravljene na osnovu tih predviđanja. Takođe, iako je realizacija mnogih projekata zaustavljena, ili je njihova realizacija usporena ili su prosto redukovani, smatraće se da su ulaganja u građevinarstvo i infrastrukturu neophodna kao uslov za razvoj ostalih grana privrede, i da će se neminovno nastaviti u planiranom opsegu sa oporavkom tržišta kapitala. Analize koje su pravljene u ovoj disertaciji pretežno se odnose na projekte koji su planirani da se plasiraju na tržište nekretnina, pa su i sva predviđanja vezana za njih jako kompleksna, dok je većina infrastrukturnih i energetske projekata manje zahtevna u tom pogledu.

Građevinska privreda doživljava globalne periodične oscilacije koje se neminovno odražavaju i na naše građevinarstvo, koje je u poslednjih 20-tak godina funkcionisalo usled političkih dešavanja na ovim prostorima. Iako grana sa velikom tradicijom, dobrim sistemom obrazovanja kadrova i velikim brojem velikih firmi koje su funkcionisale kao sistem i na domaćem i na inostanim tržištima (pojedina naša preduzeća 'Energoprojekt', 'Trudbenik', 'Hidrotehnika' i druga, godinama su zauzimala visoka mesta na listi američkog časopisa *Engineering News Record* koji prati i rangira aktivnosti svetskih firmi) naše građevinarstvo je doživelo veliki pad, tako da je sa 1,5 milijarde dolara neto izvoza sa kraja 80-tih godina doživeo pad na manje od 100 miliona dolara (*izvor: Privredna komora Srbije*).

U periodu do 1990. godine građevinarstvo je bilo jedna od najelitnijih privrednih grana jer je učestvovalo u BNP (bruto nacionalnom proizvodu) sa oko 12%. Veliki potres naša privreda je doživela početkom 90-tih godina, zbog raspada SFR Jugoslavije, ratnih konflikata i ekonomske izolacije, tako da je BDP (bruto domaći proizvod) pao sa US\$ 3,100 u 1989. na oko US\$ 1,200 u 1993. što se u velikoj meri odrazilo na građevinsku proizvodnju. U tom periodu se desila i transformacija velikih građevinskih preduzeća, koja su do tada poslovala objedinjeno preko velikih trgovinskih preduzeća. Međutim, određeni pad u izvozu, a takođe i na domaćem tržištu se dogodio i pre raspada države, jer se u tom periodu na svetskom nivou desio određeni pad u građevinskoj proizvodnji, što se može videti u tabeli 1.1.

1.UVOD

Tabela 1.1 Devizni priliv ostvaren u US\$ (Građevinarstvo Srbije na početku 21. veka - stanje i pravci razvoja, 2002.)

Godina	Vrednost u US\$
1965	39.000.000
1970	230.000.000
1975	693.000.000
1980	670.000.000
1985	2.624.000.000
1990	600.000.000

Nastup na inostranim tržištima, učestvovanje na tenderima, ugovaranje i realizacija poslova u inostranstvu je po pravilu vezana za obezbeđivanje strogih bankarskih garancija, osiguranjima i dr. Nekada je nastup naših firmi bio praćen odgovarajućim finansijskim servisom banaka, što danas predstavlja glavnu prepreku većem angažovanju naših firmi u inostranstvu. Danas na domaćem tržištu nastupa veliki broj inostranih preduzeća koji su najčešće nosioci poslova i posluju kao inženjering preduzeća i kojima je omogućeno lakše dobijanje poslova i ukupno poslovanje zbog toga što:

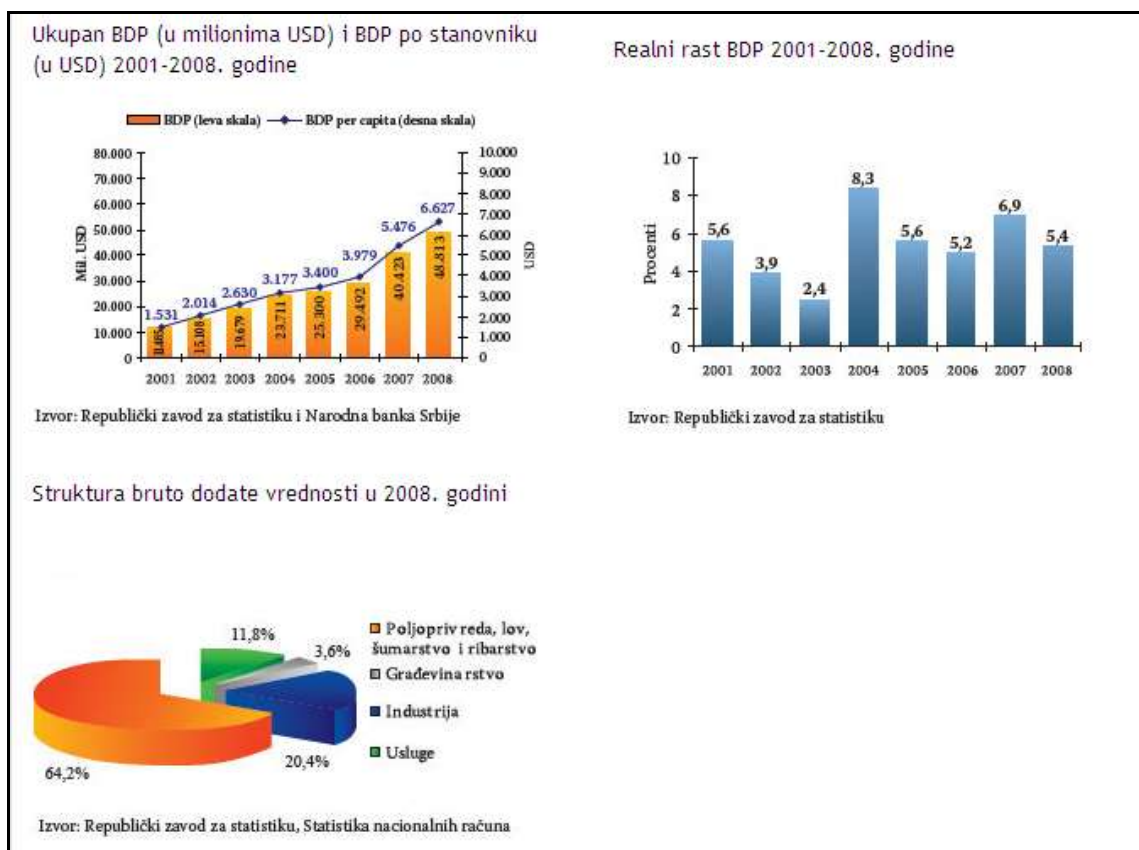
- većina domaćih poslovnih banaka koje su pružale finansijski servis domaćim preduzećima su likvidirana. Zbog toga je znatno otežan potreban finansijski servis za domaća preduzeća (obezbeđivanje potrebnih garancija, pružanje finansijske podrške, odobravanje kredita i dr.);
- mnogi projekti se finansiraju iz međunarodnih kredita i zajmova, čije uslove lakše ispunjavaju inostrana preduzeća.

Građevinska proizvodnja je direktno zavisna od kretanja bruto društvenog proizvoda – BDP-a, koji je u periodu od 2001-2008. godine kontinuirano rastao nakon perioda opadanja i stagnacije po prosečnoj godišnjoj stopi od 5,2%. Na slici 1.1 vidi se rast ukupnog BDP-a po stanovniku, realni rast i struktura bruto dodate vrednosti u 2008. godini gde je građevinarstvo učestvovalo sa 3,6%. Ovaj pozitivan trend je narušen svetskom ekonomskom krizom koja je uticala na domaću ekonomiju, a struktura BDP u našim uslovima će se menjati i najverovatnije će rasti u poljoprivredi, građevinarstvu, dok će se industrijske grane razvijati tek nakon izgradnje infrastrukture i energetskih objekata.

Globalizacija u građevinarstvu se dogodila prvenstveno na tržištu investicija, tako da imamo samostalne investitore u domenu zgradarstva i industrije (vrlo često su to preduzeća koja razvijaju svoje projekte na međunarodnom tržištu), dok u domenu infrastrukture i energetike investira država sa partnerima. Na međunarodnom nivou produbljuje se jaz između potreba za infrastrukturuom i resursa koji su potrebni za

1.UVOD

finansiranje takvih projekata. Jasno je da budžeti pojedinih zemalja kroz koje treba da prođu međunarodni saobraćajni koridori (među kojima se nalazi i naša zemlja – koridor 10, 7 i dr.) nisu odgovarajući za efikasno finansiranje takvih projekata. Moguće rešenje za finansiranje takvih projekata su BOT (*Build – Operate - Transfer*) tj. "Izgradi–Upravlja–Prenesi" i PPP (*Private Public Partnership*) tj. "Javno Privatno Partnerstvo".



Slika 1.1 Podaci vezani za BDP u Srbiji od 2001. do 2008. godine

"Dok smo 80-tih godina, sa nešto više od 2,5 milijardi US\$ izvedenih investicionih radova, bili na 10-tom mestu u svetu (cela jugoslovenska operativa), danas 30 svetskih firmi ima godišnju realizaciju veću od 3 milijardi US\$" (Praščević N., 2004). Na primer, kompanija Bechtel je imala 2009. godine prihod od 30,8 milijardi US\$ (izvor zvanični sajt kompanije Bechtel www.bechtel.com). Ovi podaci govore da se u svetu dogodila globalizacija građevinske proizvodnje i to iz razloga načina finansiranja projekata, primene odgovarajućih međunarodnih tipova ugovora i prosto lobiranja od strane centara finansijske moći. Ipak, tendencija specijalizovanih radova i veliki rizik u građevinskom sektoru utiču na sve veći procenat učešća malih i srednjih preduzeća u građevinskom sektoru.

Statistički podaci u zemljama Evropske Unije za mala i srednja preduzeća (definisana kao preduzeća koja zapošljavaju manje od 250 zaposlenih) proizvode oko 99%

građevinskog proizvoda u Evropi. Više od 20% Evropskog građevinskog sektora je samo-zaposleno, dok je taj procenat u Velikoj Britaniji 35%. Građevinska industrija može da se okarakteriše kao grana gde preduzeća preuzimaju veliki rizik u proizvodnji.

Ovde treba imati u vidu da je većina ugovora na velikim međunarodnim projektima EPC – (*Engineering – Procurement – Construction*) tj. "Projektovanje, Nabavke i Izgradnja" ili EPCM – (*Engineering – Procurement - Construction Management*) tj. "Projektovanje, Nabavke i Upravljanje izgradnjom", tako da su većina najvećih građevinskih firmi sa liste inženjering preduzeća koja angažuju lokalne firme i radnu snagu za izvođenje radova. Generelni trend na tržištu je da se primenjuju ugovori sa vrlo detaljnom i striktnom finansijskom zaštitom investitora, dok mi trenutno nemamo odgovarajuće domaće poslovne banke i osiguravajuća društva koji bi mogli da daju garancije i da prate realizaciju velikih projekata. Takođe nedostaju i državni fondovi za podršku izvoza, a trenutno veliki broj konkurenata na svetskom tržištu to ima (Turska i druge zemlje), tako da našim građevinarima ne preostaje ništa drugo nego da nastupaju sa niskim cenama i da skalapaju ugovore sa nepouzdanim i vrlo često špekulativnim investitorima.

1.2.2 Sadašnje ekonomske karakteristike građevinskog tržišta

Građevinsko tržište svake zemlje direktno zavisi od ekonomskog modela koji je u njoj zastupljen, i generalno postoje dva polarizovana modela između kojih se nalazi ekonomija svake države. Mešovita ekonomija koja se sve više približava modelu slobodnog tržišta je trenutno u svetu preovlađujući ekonomski sistem. Ne tako davno, u svetu je postojao, za današnje uslove nezamisliv, centralno - planski model (počeo da se primenjuje 1928. Staljinovim petogodišnjim planom, 1949. u Kini) u kome se građevinarstvo odvijalo prema unapred definisanom planu, bez obzira na realno raspoložive resurse, svetsku ekonomiju, krize i dr. "U svetu se trenutno teži ekonomiji koja je zasnovana na privatnom donošenju odluka i centralizovanoj organizaciji; privatne odluke (zasnovane na odgovoru na uticaj tržišta) opstaju zajedno sa centralnom kontrolom države i ekonomskim planovima" (Myers D, 2008). Države koje imaju visok procenat resursa u vlasništvu države se lociraju bliže centralno-planskom modelu, dok one koje imaju visok procenat resursa u privatnom vlasništvu se nalaze bliže modelu slobodnog tržišta. Od pada Berlinskog zida 1989. godine, ekonomije u tranziciji (među kojima spada i naša država, zemlje istočnog bloka, zemlje bivšeg Sovjetskog Saveza, Kina i dr.) se pomeraju brže ili sporije od prostog centralno-planskog modela ka modelu slobodnog tržišta, dok se Evropska ekonomija približava modelu slobodnog tržišta pod uticajem privatizacije i deregulacije.

Građevinsko tržište je pod velikim uticajem globalne svetske ekonomije, tako da je u poslednjih 20-tak godina doživelo veliku transformaciju koja se odrazila posebno na njegove ekonomske karakteristike. Datum koji je doneo preokret u funkcionisanju građevinarstva u Evropi je 1.01.1993., jer su se od tog datuma praktično uklonile sve fizičke, tehničke i trgovinske prepreke u Evropi, čime je ona postala jedinstveno tržište. Osim toga, primena informacionih tehnologija u građevinarstvu i internet poslovanje je omogućilo dostupnost informacija, čime je olakšan nastup građevinskih preduzeća na

1.UVOD

međunarodnom tržištu, kao i dinamičan razvoj kontejnerskog brodskog prevoza kao uslov globalnog snabdevanja materijalom. Ako se pogleda izvoz građevinskih usluga 2004. godine vidi se da su vodeće zemlje SAD, Švedska, Francuska i Nemačka. Jedan od razloga za to je i njihova multi-kulturalnost koja im je dozvolila lakše uplivavanje na inostrana tržišta.

U okviru Evropske Unije, koja je za našu ekonomiju i građevinarstvo od posebnog interesa i značaja, postoji 2,5 miliona građevinskih preduzeća koja zapošljavaju 15 miliona radnika, što predstavlja oko 10% ukupno zaposlenih u Evropskoj Uniji. (izvor: *European Construction Industry Federation FIEC*). Većina ovih preduzeća spadaju u mala preduzeća, koja dominiraju u građevinskoj industriji iz dva osnovna razloga:

- mala specijalizovana preduzeća imaju manje fiksne troškove i lakše opstaju na tržištu u slučaju osciliranja potreba za građevinskom proizvodnjom i uslugama;
- ona mogu da isporučuju i usluge koje ne odgovaraju prirodi velikih preduzeća, kao što su rekonstrukcije, adaptacije i održavanja;
- ona mogu da isporučuju radnu snagu velikim preduzećima na bazi podugovaranja.

Kao rezultat ovakvog načina poslovanja u građevinskoj industriji, generalno je prisutan visok nivo fragmentacije.

Investicije u građevinarstvu u Evropskoj Uniji 2009. godine su obuhvatale:

- opšte građevinarstvo i infrastruktura	22 %
- rehabilitacija i održavanje	29 %
- novoizgrađeni objekti za stanovanje	18 %
- objekti visokogradnje koji ne podrazumevaju stanovanje (poslovni objekti, bolnice, hoteli, škole, industrijske zgrade)	31 %

Što se investicija u građevinarstvu u Evropskoj uniji tiče, vodeće zemlje su Nemačka (245 milijardi eura), Španija (163), Francuska (161), Italija (144), Velika Britanija (120), dok Sjedinjene Američke Države imaju 673, a Japan (kao relativno mala zemlja po površini) 557 milijardi eura investicija u građevinarstvu. To je ukupno 1173 milijardi eura (podaci koji se odnose samo na EU), ili 9,9 % bruto društvenog proizvoda Evropske unije (izvor: *European Construction Industry Federation FIEC*).

Početak svetske ekonomske krize globalna ekonomija je dočekala sa najvećim rastom u Kini od 9 procenata godišnje (u tom periodu u Evro zoni je taj rast bio oko 1,80 %). U Kini je u tom periodu bio i najveći rast investicija od 26 % godišnjeg rasta investiranja u infrastrukturu (mostovi, fabrike, energetika). Predviđanja rasta za 2009. godinu su bila (izvor: *IMF – Međunarodni monetarni fond*) su bila sledeća: USA(SAD) 0,6 %, UK (VB) 1,6 %, Nemačka 1,0 %, Rusija 6,3 %, Kina 9,5 %, Indija 8,0 %, Bliski istok 6,1 %, Brazil 3,7 %, dok je za ukupnu svetsku ekonomiju projektovani rast BDP-a (bruto društvenog proizvoda) bio 3,8 % (za razvijene zemlje 1,3 %, a za zemlje u razvoju 6,6 %).

Građevinska privreda Srbije je 2009. i 2010. godine poslovala u veoma nepovoljnom privrednom ambijentu, a finansijska ekonomska kriza je ovu granu dovela u još nepovoljniji položaj. Potencijalni investitori u ovom periodu oprezno vrše procene o daljem investiranju, a donošenja odluka o novom investiranju praktično i nema. Oseća se pad cene kvadratnog metra poslovnog prostora, dok cena stanova po m² blago opada i varira od grada do grada. Uslovi kreditiranja stanovništva za kupovinu stanova ukazuju da će zainteresovanost od strane građana sve više opadati, što će imati veoma negativno dejstvo, kako na izgradnju stanova tako i na industriju građevinskog materijala. Izvođači radova u oblasti niskogradnje i visokogradnje beleže pad izvođenja radova od 15 do 50 % (*izvor: Privredna komora Srbije, Udruženje za građevinarstvo, IGM i stambenu privredu, april 2010.*). Takođe, izvođači radova iz oblasti niskogradnje i visokogradnje imaju velika nenaplaćena potraživanja, što još više stvara probleme u poslovanju. Zbog smanjenja građevinskih aktivnosti pojavili su se problemi sa tehnološkim viškom zaposlenih, a takođe je uticao i na smanjenje izvoza. U ovim veoma teškim uslovima poslovanja siva ekonomija još više pogoršava rad, dok je tzv. "rad na crno" u ovoj privrednoj grani još više izražen.

Na tržištu Srbije početkom 2011. godine poslovalo je 5829 građevinskih preduzeća. Ona su u 2008. godini izvozila robu i usluge za 90,281,617 US\$, dok 2009. godine samo 41,141,125 US\$, što je drastičan pad koji je bitno uticao na poslovanje kompletne građevinske privrede. U istom periodu izvoz je smanjen sa 37,417,263 US\$ na 30,922,975 US\$, što nije tako drastično jer su se pojedine investicije u zemlji završavale, ali je vrlo malo gradilišta otvoreno u tom periodu.

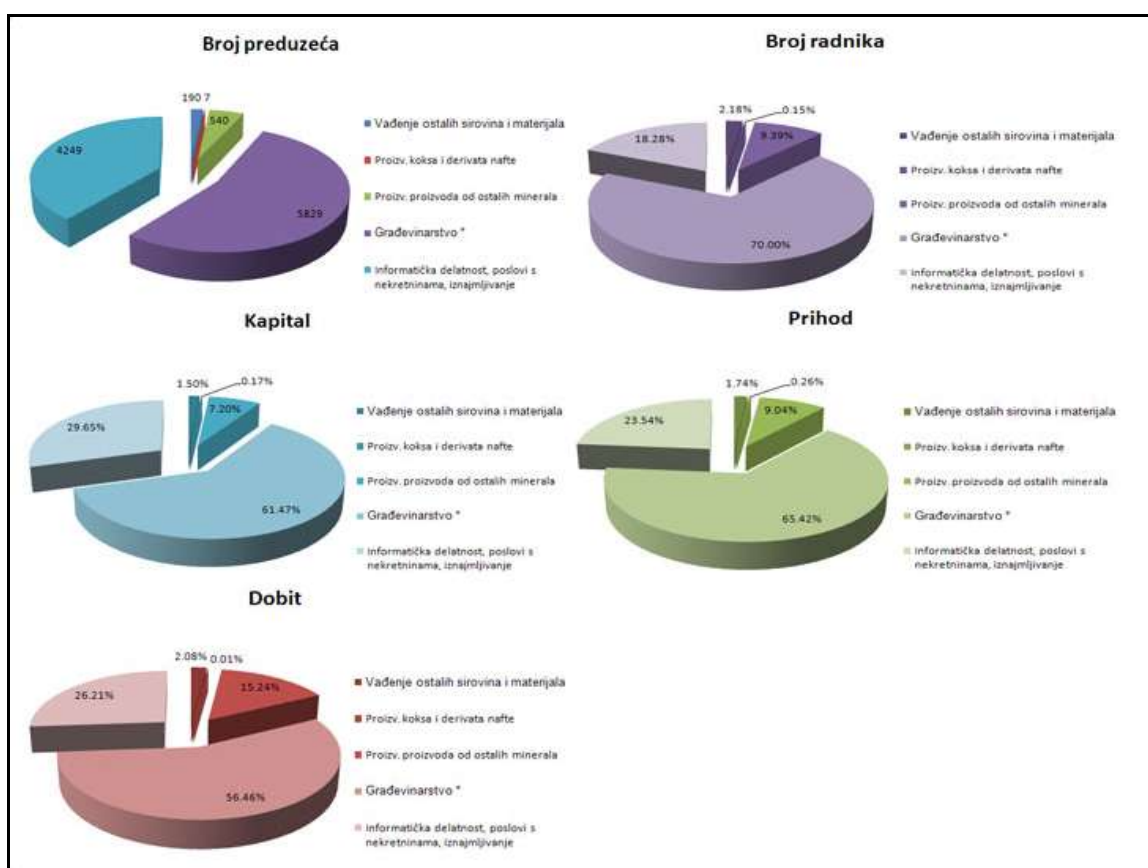
U tom istom periodu desio se i pad izgradnje i na tržištu Srbije, što se može videti u tabeli 1.2. Rast izvedenih radova se primećuje samo u drugom kvartalu 2010. u odnosu na prvi kvartal 2010, ali to nije pouzdan pokazatelj, jer treba imati u vidu da prvi kvartal spada u zimske mesece kada građevinska proizvodnja nije intenzivna.

Struktura građevinskih preduzeća u Srbiji je takva da samo građevinarstvo upošljava oko 70% radnika, poseduje 61,47% kapitala, ostvaruje 65,42% prihoda i 56,46% dobiti u odnosu na ostala preduzeća koja podpadaju pod oblast građevinarstva. Iz ovoga se vidi da je u domaćem građevinarstvu još uvek prilično zastupljen ljudski rad, iako se u savremenom građevinarstvu smatra da u strukturi troškova ljudski rad na gradilištu učestvuje sa optimalnih 6%. Iz ovih podataka se takođe vidi da građevinarstvo ne ostvaruje srazmernu dobit prihodu, tj. nije visoko profitna delatnost.

1.UVOD

Tabela 1.2: *Indeksi vrednosti izvedenih i ugovorenih radova izvođača iz Republike Srbije (izvor: Republički zavod za statistiku R. Srbije, 2010.)*

	II 2010	II 2010	II 2010	I-II 2010
	II 2009	I 2010	Ø 2009	I-II 2009
Vrednost izvedenih radova - ukupno	85,9	168,7	87,1	82,4
Zgrade	71,6	182,2	79,1	62,8
Ostale građevine	.....	.....	.....	.....
.....
.....



Slika 1.2 *Struktura građevinskih preduzeća u Srbiji (izvor: Republički zavod za statistiku R. Srbije, 2010)*

Izvoz proizvoda građevinarstva je drastično opao, i najveći je u susednoj državi, što se može videti u tabeli 1.3. Ova tabela obuvata i proizvodnju građevinskih materijala, koji

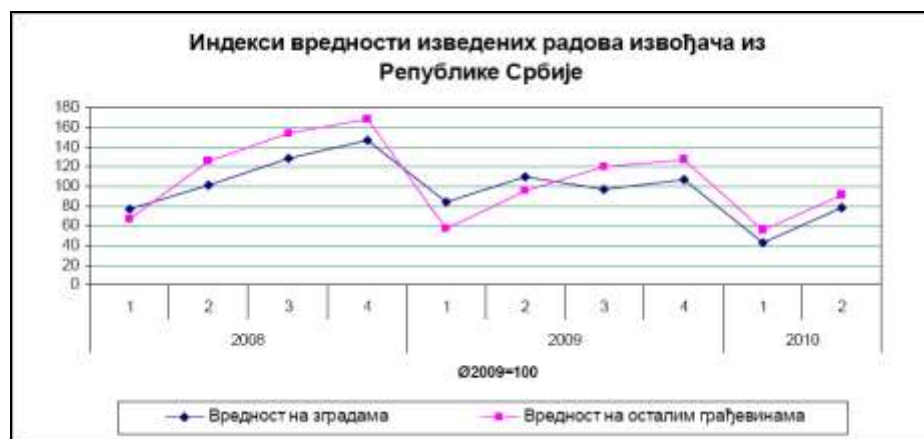
1.UVOD

kao gabaritni teret imaju visoku cenu transporta, tako da se najčešće izvoze u obližnje zemlje. U nastavku je dat i grafikon sa indeksima vrednosti izvedenih radova izvođača iz republike Srbije.

Tabela 1.3 Vrednost izvoza građevinskih proizvoda u 2008. i 2009. godini (izvor: Republički zavod za statistiku R. Srbije, 2010.)

Zemlje izvoza

2009	US\$	2008	US\$
Crna Gora	9,847,719	Rumunija	28,210,830
Bosna i Hercegovina	6,460,802	Crna Gora	25,312,550
Rumunija	5,925,761	Bosna i Hercegovina	9,795,833
Bugarska	2,427,921	Bugarska	5,577,523



Slika 1.3 Indeksi vrednosti izvedenih radova izvođača iz Republike Srbije (izvor: Republički zavod za statistiku R. Srbije, 2010)

Bruto društveni proizvod (BDP) direktno utiče na investicije koje utiču na ekonomsko stanje u građevinarstvu. Sa dijagrama se vidi kretanje bruto društvenog proizvoda i to za zemlje u razvoju, napredne ekonomije i Istočnu Evropu kojoj pripada naša zemlja. Iz dijagrama (slika 1.4) vidi se da je 90-tih godina ovaj region imao značajan pad nakon raspada istočnog bloka i prelaska na tržišnu ekonomiju. Nakon 2000-te primetan je značajniji rast, ali sa svetskom ekonomskom krizom u ovom regionu se dešava ponovni osetni pad, čime ove ekonomije pokazuju da nisu doživela potpuni oporavak, i da su osetljive na poremećaje. Interesantno je predviđanje IMF-a kako bi trebalo da se odvija oporavak BDP-a u narednom periodu, što je prikazano na slici 1.5.



Slika 1.4 Kretanje bruto društvenog proizvoda – Istočna Evropa, Zemlje u razvoju, Napredne ekonomije i Svet-ukupno (izvor:IMF 2010)

1.2.3 Predviđanje budućih ekonomskih karakteristika građevinskog tržišta

Kao što je prethodno objašnjeno, gotovo kompletna svetska ekonomija se kreće ka slobodnom tržišnom modelu. U kriznim vremenima država mora da se svojim intervencijama značajnije uključi u ekonomiju, a taj klasični pristup je prvi put primenjen tokom depresije 1930-tih godina, i tada je građevinski sektor bio jedan od prvih gde je država intervenisala.

Kao osnov za razvoj investicija u savremenom građevinarstvu pojavljuje se sve zahtevnije finansiranje projekata. Razlozi za to su sve strožiji zahtevi vezani za tehnologiju objekata, bezbednost i zaštitu životne sredine. Projektно finansiranje je dugoročno finansiranje infrastrukturnih, industrijskih i drugih projekata, bazirano na "cash flow" (protoku novca) finansiranju, ali i putem portfolija. U novije vreme finansiranje infrastrukturnih projekata vrši se putem kredita, zajmova, koncesija (ulaganje u infrastrukturu čime se stiče ekskluzivno pravo sticanja dobiti od eksploatacije u određenom vremenskom periodu) i vrlo sličnih modela "javnog privatnog partnerstva" (*PPP – "Public Private Partnership"*) i u Britanskoj praksi prisutne "privatne finansijske inicijative" (*PFI – "Private Finance Initiative"*).

Naša zemlja je sa stanovišta investiranja u građevinski sektor vrlo specifišna. Osnovni problemi u ovoj oblasti su:

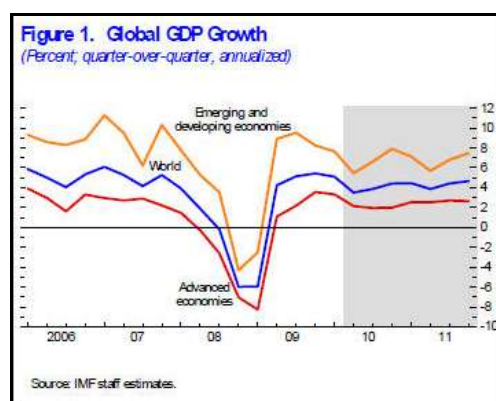
- nepovoljna demografska struktura nakon posleratnih migracionih procesa;
- nepovoljna starosna struktura stanovništva, i nedovoljna izdvajanja u budžet od strane zaposlenih;

1.UVOD

- emigracija iz zemlje oformljenih kadrova i popunjavanje njihovih mesta neodgovarajućim;
- problem vlasništva nad građevinskim zemljištem;
- neefikasno i komplikovano zakonodavstvo koje se odnosi na građevinsku delatnost;
- visok kreditni rizik koji rezultira visokim kamatama i strogim mehanizmima obezbeđivanja od strane banaka;
- nedovoljno efikasan sistem obrazovanja u građevinarstvu, i visok procenat neodgovarajuće ili nedovoljno obučeni radnika na gradilištima.

Ključna komponenta finansiranja projekata je identifikacija rizika. Prilikom donošenja odluke finansijskih institucija o finansiranju projekta neophodno je analizirati rizike (političke, ekonomske, tehničke, lokacijske) i doneti odluku da li treba započeti projektno finansiranje. Tokom finansiranja projekta kontroliše se nivo rizika, i izloženost pojedinih faza projekta rizicima, i formiraju se odgovarajući odgovori na rizike, koji mogu direktno da utiču na samo finansiranje projekta.

Trenutno su investicije u svetu u blagom porastu nakon pada izazvanog svetskom ekonomskom krizom, i otvara se jako veliki broj projekata gde su direktno uključeni građevinari. Najveći rast se očekuje u Kini, Indiji i razvijenim zemljama u Aziji, a takođe u Rusiji i zemljama bivšeg Sovjetskog Saveza i na bliskom Istoku zbog kretanja na tržištu nafte i gasa. Za srpsko građevinarstvo je 2010. godine tržište ZND je i dalje najvažnije tržište (44,4%), zatim Tunis, Nigerija (16,3%), Libija (12,9%) , Uzbekistan (10,6%) i Peru (9,7%). Nakon velike recesije, predviđanje Međunarodnog monetarnog fonda, rasta bruto društvenog proizvoda bi trebalo da izgleda kao na slici 1.5.



Slika 1.5 Predviđanje kretanje bruto društvenog proizvoda – Zemlje u razvoju, Napredne ekonomije i Svet-ukupno (izvor:IMF 2010)

U Srbiji u predstojećem periodu, na osnovu predviđanja baziranih na osnovu već započetih investicija, kredita i zajmova koji su odobreni ili su u fazi prihvatanja, stanja

na tržištu i dr., trebalo bi da budu aktuelne sledeće investicije, i to prvenstveno radovi na infrastrukturi i energetici:

- završetak koridora X;
- autoput Beograd-Požega-Boljare, deonica E763, sa krakom autoputa Pojate-Preljina (konekcija sa koridorom X);
- koridor VII;
- radovi na rekonstrukciji i proširivanju železničkog sistema – železnički koridor X;
- auto-put Beograd-Pančevo-Vršac;
- rekonstrukcija termo i hidro energetskeg sistema;
- industrijski projekti;
- ekološki projekti vezani za postrojenja za prečišćavanje vode u velikim gradovima, energetskim postrojenjima i dr;
- stanogradnja, kao tržišna kategorija.

Deset Pan-Evropskih koridora je definisano na drugoj Pan-Evropskoj transportnoj konferenciji na Kritu 1994. godine kao rute u Centralnoj i Istočnoj Evropi koje zahtevaju investiranje u sledećih 10-15 godina. Dopune su napravljene u Helsinkiju 1997. godine. Imajući u vidu da se naša zemlja nalazi na vrlo važnom koridoru i da je većina infrastuktturnih projekata nije kompletirana, u budućem periodu treba očekivati da domaće građevinsko tržište bude usmereno ka završetku infrastuktturnih projekata.

Finansiranje infrastuktturnih projekata u našoj zemlji prevashodno zavisi od kredita i zajmova, i to Svetske banke (World Bank), Evropske banke za obnovu i razvoj (EBRD – European Bank for Reconstruction and Development), Evropske investicione banke (EIB - European Investment Bank) i dr.

Koridor X je jedan od pan-evropskih saobraćajnih koridora, i prostire se od Austrije do Grčke. Obuhvata kako železnički, dužine 2528 km, tako i drumski koridor, 2300 km. Deonice Koridora X kroz Srbiju, koji treba kompletirati, obuhvataju četiri nezavršena projekta (Horgoš – Novi Sad, 108 km; obilaznica oko Beograda, 47,4 km; Grabovnica – Preševo, 96,1 km i Niš – Dimitrovgrad, 83,4 km).

Reka Dunav je identifikovana kao koridor VII – međunarodni plovni put, predstavlja vitalnu vezu između zapadne Evrope i zemalja centralne i istočne Evrope (CEE). Ovaj vid saobraćaja je povoljan sa aspekta uticaja na životnu sredinu. Dunav i njeni produženi transportni koridori predstavljaju potencijal ekonomskog razvoja u ovom regionu. Koridor VII, kao i koridor X (autoput od Austrije do Niša) i ukrštanje u Beogradu. Kako naš geografski položaj predstavlja prirodne pogodnosti za vodni transport (Dunav, Sava, Tisa, kanal DTD, Tamiš), rekonstrukcijom ovih plovnih potencijala uticalo bi se i na hidro-geološko stanje terena i na poljoprivredu u celini. Rekonstrukcijom postojećih i izgradnjom novih prevodnica omogućio bi se prolaz morskih brodova i do 5000 t do Beograda, a za ovaj poduhvat neophodna je izgradnja nizvodne stepenice HEPS Turnu Magurele – Nikopolj (R, BG), u čijoj podeli potencijala učestvuje i Srbija, prema svom udelu u linijskom potencijalu na svojoj

deonici Dunava od ušća Timoka do HE Đerdap 2. Preduslov je i vadenje potopljenih plovnih objekata iz II svetskog rata – nizvodno od HE Đerdap 2, kod Prahova.

Plovidbenu infrastrukturu čine pristaništa opšte namene i specijalizovana pristaništa. Najznačajnija pristaništa opšte namene su: na Dunavu – Apatin, Novi Sad, Beograd, Pančevo, Smederevo, Kovin, Prahovo; na Savi – Sremska Mitrovica, Šabac i Beograd; na Tisi – Senta, kao i više pristaništa na HS DTD: Novi Sad, Sombor, Bački Petrovac, Novi Bečej, Vrbas i Kikinda. Specijalizovana pristaništa su uz velike industrije: Beočin, uz rafinerije u Pančevu i Novom Sadu i dr. Ova pristaništa treba da se prilagode u skladu sa novim zahtevima plovnog transporta.

Velika razvojna prednost Dunavskog koridora u Srbiji je njegova tehnološka povezanost sa Savskim koridorom, Moravskim koridorom, koridorom duž reke Tise, kao i koridorom X. U Beogradu, kao transportnom čvorištu koridora VII i X trebalo bi da se izgrade 6 kontejnerskih terminala do 2025. godine.

U Dunavskom koridoru i u zoni koja se nadovezuje na njega nalaze se najvredniji zemljišni resursi Srbije, najčešće u najvišim bonitetnim klasama. Tu se posebno izdvajaju delovi Bačke i Banata, koji su sastavni deo Dunavskog koridora, ili njegov logički povezani deo, zatim Srem, sa svim svojim drenažnim melioracionim sistemima, Stig i Podunavlje, oblast Ključa nizvodno od Kladova – sa odgovarajućim melioracionim sistemima, Negotinska nizija u kojoj se realizuju melioracioni sistemi.

Poseban nivo značajnosti ima HS DTD čiji se najvitalniji objekti nalaze u koridoru (zahvati u Bezdanu i Bogojevu, brana na Tisi kod Bečeja, najveći deo Bačkog podsistema sa branom Kajtasovo). U vodoprivrednom, ekonomskom i upravljačkom smislu, čitav HS DTD je deo Dunavskog koridora i kao takav predstavlja jedan od najdragocenijih infrastrukturnih sistema Srbije. HS DTD je primer integralnog razvojnog projekta koji je korenito izmenio ne samo privredno-ekonomsku, već i socijalnu mapu Vojvodine. Omogućio je odvodnjavanje 548.000 ha u Bačkoj i 536.000 ha u Banatu, uređeni su vodni režimi bujičnih banatskih vodotokova koji su ugrožavali naselja i sve proizvodne i infrastrukturne sisteme, stvorene su tehnološke mogućnosti za navodnjavanje oko 510.000 ha, proširena je mreža plovnih puteva za oko 600 km, povezujući najjeftinijim rečnim transportom sve veće privredne centre sa dunavskim plovnim putem. Neophodna je obnova sistema, u okviru koje se planira i povećanje njegove protočnosti, kao i proširenje funkcija na oblast hidroenergetike, sa MHE na većini hidročvorova. U Severnoj Bačkoj, najsušnijem području Srbije, u toku je realizacija, koja je nažalost dosta usporena, HS Severna Bačka, sa kanalskim sistemima i manjim akumulacijama, kojima se u to područje dovodi voda iz Dunava i Tise. Ekonomski i socijalni razvoj tog područja u dobroj meri zavisi od realizacije tog razvojnog projekta. U okviru njega su i veoma važni ekološki segmenti, od kojih je jedan od najvažnijih aktivna zaštita Paličkog i Ludoškog jezera, uz dovođenje vode kanalskim sistemima.

Stanje transportne infrastrukture, u koju dugi niz godina nije ulagano, je zapušteno i u vodnom i u ostalim oblastima i predstavlja veliku prepreku u razvoju Srbije. Vodni saobraćaj u EU (Evropskoj Uniji) raste permanentno i značajno, a u Srbiji se u periodu 1990. – 1998. smanjio za 40 %, nakon bombardovanja NATO, bila je obustavljena i plovidba (srušeni mostovi, neeksplozirani projektili), i desio se pad saobraćaja u lukama.

Prioritetni projekti na Dunavu su:

- revitalizacija brodskih prevodnica HEPS Đerdap 1 i Đerdap 2;
- ukljanjanje nakon identifikacije potopljenih brodova iz II svetskog rata kod Prahova;
- iskorišćenje hidro potencijala (uzvodno od Novog Sada do Mađarske granice – HE Novi Sad; nizvodno od HE Đerdap 2, HU Turnu Magurela; reverzibilna HE Đerdap 3 sa akumulacijama Pesača i Brodica, uz mogućnost fazne izgradnje i instaliranja ukupno do 1800 MW; rekonstrukcija postojećih hidroelektrana)
- eventualni razvoj integralnog razvoja projekta u dolini Velike Morave, kojim bi se uz izgradnju kaskade HE i instalisanja 260 MW, realizovalo integralno uređenje celokupnog sliva Velike Morave koji čini 43 % celokupne površine Srbije.
- izgradnja železničkog mosta u Novom Sadu;
- rešavanje problema akumulacija (neustaljeno tečenje i transport nanosa-morfološke promene)
- zaštita priobalja;
- sistem DTD, tj. sprovođenje mera revitalizacije zapuštenog sistema na osnovu rezultata prethodnih ispitivanja i studija;
- regulacioni radovi na raznim lokacijama na Dunavu;
- realizacija rečnih informacionih servisa (RIS).

Investicije neophodne za završetak autoputeva u koridoru X su oko 1720 miliona eura. Plan je da se ovaj projekat od državnog interesa završi do 2018. godine, i on bi trebalo da bude visoko profitabilan sa planiranom neto godišnjom zaradom od 289,2 miliona eura. Finansiranje ovakvog projekta je moguće iz državnog budžeta, međunarodnim finansijskim institucijama, komercijalnim međunarodnim zajmovima i koncesijama. Nepovoljnost koncesije za građevinske firme iz Srbije je u tome što koncesionar bira izvođača radova.

Investiciona vrednost železničkog koridora X kroz Srbiju je oko 4611 miliona eura, uz planirano investiranje iz državnog budžeta, međunarodnih finansijskih institucija, fondova Evropske unije i privatnim kapitalom. Ovaj projekat poseduje veliki potencijal jer u periodu od 2003. do 2007. godine teretni tranzit kroz Srbiju je rastao oko 25 %, dok je putnički saobraćaj stagnirao, ali je porast ograničen stanjem infrastrukture i nivoom usluga.

Povezivanje panevropskih koridora IV i X trebalo bi da se ostvari deonicom Beograd-Vršac-Temišvar, i taj krak autoputa E70 je definisan prostornim planom Republike Srbije, koji je trasiran kroz našu zemlju od Beograda preko Pančeva do Vršca. Ovaj krak autoputa je vrlo važan za povezivanje juga Balkana (imajući u vidu da se trenutno intenzivno gradi autoput koji povezuje Albaniju, Kosovo i uključuje se na koridor 10 i 11) sa Rumunijom i istočnom Evropom, a kroz našu zemlju ovaj krak bi pripadao autoputu E70 – rumunska granica – Beograd – Čačak – Užice - crnogorska granica.

Ovaj projekat ima perspektivu da se finansira iz međunarodnih kredita i zajmovima, a procenjena vrednost mu je oko 570 miliona eura.

Integralno uređenje doline Velike Morave bi obuhvatilo izgradnju kaskade HE i instalisanja 260 MW, realizovalo bi se integralno uređenje celokupnog sliva Velike Morave koji čini 43% celokupne površine Srbije. Okvirni troškovi izgradnje ovog projekta su:

- brane, hidroelektrane i zaštita priobalja 411 miliona US\$ (od čega građevinski radovi 242 miliona US\$)
- prevodnice i pristaništa 164 miliona US\$ (od čega građevinski radovi 130 miliona US\$)

Sva predviđanja koja su ovde izneta odnose se na optimalnu realizaciju projekata, tj. u optimalnom roku, tako da su i kalkulirani troškovi najmanji. Treba imati u vidu da usporena realizacija projekata uzrokuje dodatne troškove, što će i detaljno biti razmotreno u ovoj disetraciji u poglavlju 2.4.

1.2.4 Mere za poboljšanje građevinarstva u Srbiji

Iz prethodno izloženog pregleda dolazi se do zaključka da je domaće građevinarstvo doživelo veliku transformaciju i da se u pojedinim segmentima oseća velika kriza. Krizni period kroz koji je prošla naša zemlja je ostavio veliku prazninu u kadrovskoj strukturi, jer su mnogi kvalitetni kadrovi napustili zemlju, a većina domaćih građevinara nije radila na odgovarajućim projektima, što je dovelo do zaostajanja za konkurentskim zemljama tj. njihovim građevinskim privredama. Poslednjih 10-tak godina su se razvila nova građevinska preduzeća, čije organizacione strukture nisu mogle da prate nagli rast operative, što je rezultiralo preduzećima koja nisu stabilna i to posebno u sferi kvaliteta radova, optimizacije troškova, racionalnom korišćenju resursa i dr. Svetska ekonomska kriza je dodatno otežala poslovanje, a trenutno osnovni problem građevinara u Srbiji je opšta nelikvidnost. Predlog mera za unapređenje građevinarstva u Srbiji bi se sastojao od:

1.2.4.1 Mere za uređivanje tržišta

Licenciranje građevinskih preduzeća

Građevinsko tržište Srbije nakon tranzicije je doživelo kompletnu transformaciju, i trenutno je neuređeno, najviše iz perspektive učestvovanja na tenderima i dobijanja poslova preduzeća različitog rejtinga. Uređivanje tržišta građevinske industrije Srbije može se sprovesti samo ukoliko imamo adekvatno licenciranje svih građevinskih preduzeća koja učestvuju na projektima (konsultantska, inženjering, projektantska, izvođačka i druga preduzeća). Prema Zakonu o izgradnji koji je važio do 2003. godine

(Službeni glasnik Republike Srbije br. 45/95), sva preduzeća koja su se bavila projektovanjem i izgradnjom su bila licencirana od strane Ministarstva građevina Republike Srbije. Novim Zakonom o planiranju i izgradnji ta obaveza je ukinuta.

Licenciranje građevinskih preduzeća treba sprovesti prema nekoliko kriterijuma: ukupnog godišnjeg prihoda, referentnih objekata, raspoloživih kadrova i opreme, i to svake godine kako bi se izbegla mogućnost da preduzeća na tenderima ne prikazuju svoje aktuelno stanje. Takođe, prilikom učestvovanja na tenderima trebalo bi prikazati licence planiranih učesnika na projektu. Samo licenciranje je postupak valorizacije određenih resursa preduzeća kroz njihovo kvalitativno i kvantitativno analiziranje.

Efekti ove mere bi bili višestruki, od suzbijanja sive ekonomije, preko uvođenja reda na tržištu, ukidanja nelojalne konkurencije i dampainga ali i povećanja pravne i finansijske sigurnosti investitora. Ova mera bi smanjila rizik investiranja, došlo bi do pada kamatnih stopa, a građevinska preduzeća bi se licencijom legitimisala kod banaka, čime bi se formirao njihov bankarski i poslovni rejting. Licenciranjem bi se stekla pretpostavka za transparentnost izbora izvođača radova, lakše bi se ostvarila i transparentnost troškova, realizacije ugovora.

Nastupanje inostranih kompanija na domaćem tržištu

Zakonom bi trebalo ponovo sprovesti i licenciranje inostranih kompanija koje nastupaju na domaćem tržištu, čime bi se vodilo računa o zaštiti srpskih građevinskih preduzeća, ali i otvorenosti tržišta, kako ne bi došlo do monopolskog položaja naših preduzeća. Inostrana preduzeća bi osim licenciranja morala da zadovolje i neke posebne uslove i to vezano za angažovanje domaćih podizvođača i ugrađivanja domaćih materijala, kao i nostrifikaciju dokumentacije preduzeća i tehničke dokumentacije, sve u cilju poštovanja domaćeg zakonodavstva.

Organizovanje efikasnije inspekcijeske kontrole

Inspekcijeske službe na svim državnim nivoima treba organizovati tako da stručno i efikasno prate sprovođenje propisa i kvalitet izvedenih radova. Za kvalitetan rad ovih službi treba obezbediti sistem permanentnog obrazovanja i usavršavanja. Partner pri inspekcijeskoj kontroli treba da bude nadzorni organ.

1.2.4.2 Mere za povećanje likvidnosti

Dugovi države građevinskim preduzećima

Za izvršene radove za državne investitore u proteklim godinama građevinari Srbije potražuju znatna sredstva za izvršene radove. Ova dugovanja povećavaju nelikvidnost

građevinskih preduzeća zbog čega nisu u mogućnosti da redovno servisiraju svoje obaveze prema partnerima i vrlo često i obaveze prema državi na osnovu poreza i doprinosa. Jedno od mogućih rešenja ovog problema je kompenziranje dugova sa obavezama građevinskih preduzeća prema državi po svim osnovama.

Plaćanje PDV- a po naplati izvedenih radova

Veliki problem građevinskih preduzeća je obaveza plaćanja PDV-a na osnovu fakturisane realizacije, tj. po ispostavljanju računa preduzeće odmah stiže obavezu plaćanja PDV- a bez obzira na termin naplate ispostavljenog računa. Ova praksa je u trenutnim uslovima poslovanja često primorala građevinska preduzeća da ne ispostavljaju račune za izvršene radove, u slučajevima kada nisu sigurna da će se naplata brzo ostvariti. Ovo rezultira smanjivanjem kvaliteta i brzine građenja i sporovima između investitora i izvođača radova.

Smanjenje poreza i doprinosa

Poslovanje građevinskih preduzeća opterećeno je vrlo visokim davanjima državi na osnovu poreza i doprinosa iz radnog odnosa, PDV-a i drugih osnova. Trebalo bi smanjiti poreze i doprinose iz radnog odnosa, čime bi se samnjio rad na crno, a rad u inostranstvu bi trebalo osloboditi poreza kao mera stimulacije izvoza. Stanogradnju bi trebalo stimulisati oslobađanjem novogradnje plaćanja PDV-a i izjednačiti je sa trgovinom stanovima i plaćati samo porez na prenos apsolutnih prava.

1.2.4.3 *Mere za povećanje uposlenosti*

Učestvovanje na projektima državnih investitora

Imajući u vidu da će država preko svojih organa i javnih preduzeća i dalje biti najznačajniji investitor i partner građevinskoj industriji Srbije, neophodno je odgovarajućim propisima i politikom Vlade obezbediti uslove za učešće domaćih preduzeća na tenderima za izbor najpovoljnijeg ponuđača.

Uslovi za nuđenje moraju omogućiti pojedinim domaćim preduzećima, a kod projekata veće vrednosti i/ili tehnološke složenosti, njihovim udruženjima ispunjavanje zahtevanih uslova u pogledu:

- ukupnog godišnjeg prihoda,
- referentnih objekata,
- garancijskog potencijala,

- raspoložive opreme i kadrova i dr.

Prilikom izbora izvođača treba davati prednost domaćim izvođačima, dok se stranim ponuđačima posao može da se dodeli samo uz uslov da je ispunio obavezu da na konkretnom projektu mora angažovati domaća građevinska preduzeća u minimalnom obimu posla (40-60 % ugovorene vrednosti projekta).

Učešće na projektima koje finansira NIP

Projekti koji se realizuju iz programa NIP-a treba da se dodeljuju samo domaćim preduzećima, dok se angažovanje stranog partnera može usvojiti samo uz prethodnu saglasnost.

Izgradnja stanova za radnike u državnom sektoru

U prethodnom periodu nisu izdvajana adekvatna sredstva za izgradnju stanova za radnike u državnom sektoru. Dobra mera za pomoć građevinarima Srbije bi bila da Vlada u budžetu izdvoji potrebna sredstva za ovu namenu i da izgradnju poveri domaćim preduzećima.

Lizing za nekretnine i subvencionisani krediti za kupovinu stana

Za podsticanje tražnje na tržištu stanova trebalo bi podstaknuti subvencionisane kredite i kupovinu stana na lizing. Upošljavanje građevinara bi se podstaklo tako što bi se kupovina obavljala direktno od građevinskog preduzeća koje izvodi objekat.

1.2.4.4 Mere za podsticanje izvoza

Naši građevinari najčešće nastupaju neorganizovano na međunarodnom tržištu. Treba formirati državnu instituciju za osiguranje izvoznih poslova sa garancijskim potencijalom primerenim poslovnim šansama domaćih preduzeća u inostranstvu. Nivo ovih sredstava određivao bi se godišnjim budžetom uz propisivanje pravila za njihovo korišćenje.

Merama Narodne banke i Vlade Srbije omogućiti poslovnim bankama uslove za davanje garancija građevinskim preduzećima zahtevanih u postupku ugovaranja i izvršenja poslova u zemlji i inostranstvu.

Osloboditi građevinska preduzeća i njihove zaposlene svih poreza na zareda u inostranstvu kao vid dodatne stimulacije za povećanje izvoza.

1.3 Važnost planerskog pristupa u upravljanju građevinskim projektima

1.3.1 Uvod

Planiranje realizacije građevinskog projekta je kompleksna aktivnost koja treba da započne od same ideje o realizaciji projekta i da se odvija u toku celokupne realizacije i završetka projekta u celini. Definicija projekta da je to neki poduhvat koji treba završiti u određenom vremenu, sa poznatim ciljem, u okviru raspoloživih resursa sa određenim kriterijumima ocene valjanosti realizacije. (Hartland A, 2001) daje akcenat na planiranje i kontrolu kao ključne aktivnosti za uspešno realizovanje projekata.

Bez adekvatno sprovedene procedure planiranja svaki projekat je osuđen na stihijsko odvijanje, što je neracionalno i neekonomično, a i jako rizično. Ishod može biti neekonomičan završetak celokupnog projekta, ili delova projekta, odnosno završetak projekta uz nepovoljne finansijske efekte. Osim finansijskih implikacija mogu da se jave kašnjenja, poremećaji u redosledu aktivnosti koji mogu da utiču na kvalitet građenja, ali generalno svi ovi efekti mogu da se svedu na uticaj na troškove, što je i osnovna ideja ove disertacije.

Da bi planiranje bilo u skladu sa aktuelnom stanju na tržištu treba da odgovara mogućnostima tržišta, da se bazira na konkretnim podacima i da koristi sistematizovana stečena iskustva.

Na planiranje, tj. dinamiku realizacije velikih građevinskih projekata bitno utiču:

- definisanje projektnog zadatka u skladu sa strategijom razvoja projekta koju je predvideo investitor;
- načini ugovaranja, tj. pravilno sproveden tenderski postupak;
- angažovanje odgovarajućih projektantskih kuća koje mogu u potpunosti da rade u skladu sa projektnim zadatkom i zahtevima projekta;
- različiti rizici kojima je izložen projekat, tj. upravljanje rizicima;
- primena odgovarajuće organizacije i tehnologije građenja itd.

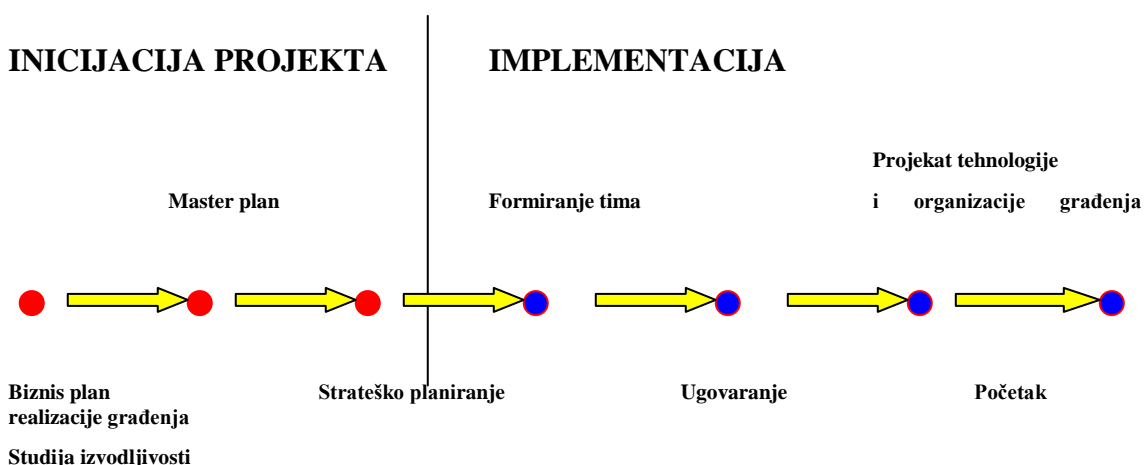
Imajući u vidu da su veliki građevinski projekti dugogodišnji poduhvati, koji se realizuju u dinamičnom okruženju, lokacijski i teritorijalno su dislocirani (projektni biro, gradilište, pogoni za proizvodnju materijala i opreme itd.) prilikom planiranja bi trebalo predvideti kompletan plan realizacije projekta, i tokom projekta pratiti promene (trendove) i ažurirati ih tokom procesa replaniranja, tj. izmena plana u skladu sa novonastalom situacijom na projektu. Primećeno je da se tokom realizacije velikih građevinskih projekata dešavaju mnoge promene, a posebno na projektima koji su direktno izloženi promenama na tržištu, tako da se u savremenoj praksi upravljanja projektima i planiranju sve više primenjuju nove tehnike koje su prilagođene takvim uslovima realizacije.

1.3.2 Faze u realizaciji projekata

Osim projektovanja i građenja koji se tradicionalno smatraju dvema osnovnim fazama u realizaciji projekata u ovoj disertaciji će se posebno obraditi i planiranje kao jedna od ključnih pratećih faza u realizaciji velikih građevinskih projekata. Na katedri za menadžment, tehnologiju i informatiku u građevinarstvu Građevinskog fakulteta u Beogradu usvojen je i razrađen pristup sa stanovišta izvođača radova koji definiše sledeće faze u realizaciji projekta. "Ova podela je bitna iz razloga sagledavanja važnosti procene troškova i stalno sprovođenje istraživanja tržišta i proširivanje baze istorijskih podataka kao najvažnije ulazne podatke pri planiranju budućih projekata." (Ivković B., Popović Ž., 2004)

- | | |
|-----|--|
| I | istraživanje tržišta; |
| II | formiranje ponude; |
| III | ugovaranje; |
| IV | izrada projektne dokumentacije i priprema realizacije posla; |
| V | izvođenje radova na gradilištu; |
| VI | naplata izvršenog posla, i |
| VII | formiranje i proširenje baze istorijskih podataka. |

Projekat pre same realizacije (implementacije) prolazi kroz fazu inicijacije, u kojoj je planiranje od ključnog značaja. Na velikim građevinskim projektima uočeno je da na uspešnost projekta presudno utiče sama priprema i planiranje projekta, i da bi projekat bio uspešan neophodno je da prođe kroz određene faze pre same realizacije.



Slika 1.6 Faze u realizaciji velikih građevinskih projekata

Osim samog planiranja, koje treba sprovođiti u zavisnosti od zahteva investitora i samog projekta, ključna faza koja je prikazana na slici 1.6 je ugovaranje, tj. sprovođenje

tenderskog postupka. U savremenom upravljanju projektima vrlo je važno u zavisnosti od samog projekta, zahtevane brzine realizacije, načina finansiranja itd. izabrati i način izbora izvođača (*method of procurement*). Prema Ivanišević N. (2007) ne postoji samo jedna najbolja ugovorna strategija koja je uvek optimalna i primenjiva za izgradnju svih objekata i za sve naručioce. Profesionalni pristup ugovaranju radova u građevinarstvu treba bazirati na primeni poznatih modela ugovornih strategija, u skladu sa prethodno izvršenom analizom konkretnih uslova u kojima se realizuje projekat.

Najveći rizik investitora pri realizaciji građevinskih projekata je vezan za izbor projekatana i izvođača radova, tj. za ugovorne odnose između glavnih učesnika na projektu, tako da će u narednom poglavlju biti objašnjeni osnovni tipovi izbora realizatora i ugovorni odnosi.

Osim toga planiranje i kontrola realizacije građevinskih projekata direktno zavisi od načina sprovođenja tenderskih procedura, tj. ugovaranja, jer iz tih odnosa proizilazi ko treba ove procese da sprovodi, na koji način i koliko detaljno, u zavisnosti od nivoa rizika koji pojedini učesnici na projektima nose.

1.3.3 Načini sprovođenja tenderskog postupka i izbor izvođača radova (Method of Procurement)

1.3.3.1 Tradicionalni pristup

Iako se u ovoj disertaciji neće obrađivati vrste ugovora u građevinarstvu, ipak će biti napomenuto da oni direktno zavise od vrste tenderske procedure koja se primenjuje prilikom izbora izvođača. Vrste tenderskih procedura koje se mogu primeniti su:

- otvoreni tenderski postupak;
- jednostepeni selektivni tenderski postupak;
- dvostepeni selektivni tenderski postupak;
- selektivna tenderska procedura za ugovaranje po sistemu "projektuj-izgradi";
- pregovaranje;
- zajednički poduhvat (joint venture).

Tradicionalni pristup zahteva kvalitetno projektovanje u smislu razrade detalja u kome učestvuje veliki broj specijalista, precizno određivanje količina (*bill of quantities*) i tek nakon toga sprovođenje tenderskog postupka, izbor izvođača, ugovaranje i građenje. Ovaj sistem ugovaranja i realizacije se kod nas jako često primenjuje, ne samo zbog toga što je podržan domaćim zakonodavstvom, već i zbog tradicionalnog pristupa projektovanju i građenju, i u njemu su kompletno odvojene uloge Investitora koji angažuje projektanta, specijalistu za merenje količina (*Quantity Surveyor*) i ostale specijaliste. U praksi ugovorena cena može biti tzv. ukupna jedinstvena cena (*lump sum cost*), fiksna cena ili na bazi predmera radova. Ovaj način ugovaranja na velikim projektima predviđa stroge garancije tako da samo stabilne i renomirane firme mogu da

ugovaraju projekte po ovom sistemu u ulozi glavnih (generalnih) izvođača (*Main Contractor*).

Na projektima koji se realizuju po ovom sistemu najveći rizik investitora je vezan za trajanje projekta, tj. najčešće je faktor koji je nepovoljan na ovakvim projektima vreme realizacije. Na projektima koji se realizuju po ovom sistemu veoma je dug proces izrade projektne dokumentacije sa tačnim količinama radova, a takođe i tenderski postupak koji se sprovodi iziskuje puno vremena (najčešće izvođači - ponuđači proveravaju količine prilikom izrade ponude, razrađuju organizaciju i tehnologiju građenja, logistiku i dr.). Takođe, za uspešno sprovođenje tenderske procedure neo-phodno je da na tenderu učestvuje veliki broj ponuđača.

Vrlo često koordinacija između velikog broja specijalista u fazi projektovanja zahteva potrebu za većom integracijom njihovog rada, što se u praksi teško postiže. Kako izvođači radova nisu uključeni u fazi projektovanja, vrlo često predložena tehnološka rešenja nisu odgovarajuća, tako da su posledice ovakvog projektovanja tzv. "netehnološka rešenja" koja je potrebno preraditi (što takođe rezultira produženjem vremena realizacije projekta, pojavljivanjem naknadnih radova, odštetnih zahteva i dr.). Tradicionalni sistem sa jednostepenom tenderskom procedurom se danas često modifikuje, i primenjuje se ugovaranje u dve faze.

1.3.3.2 Ugovaranje u dve faze (*Two stage tendering*)

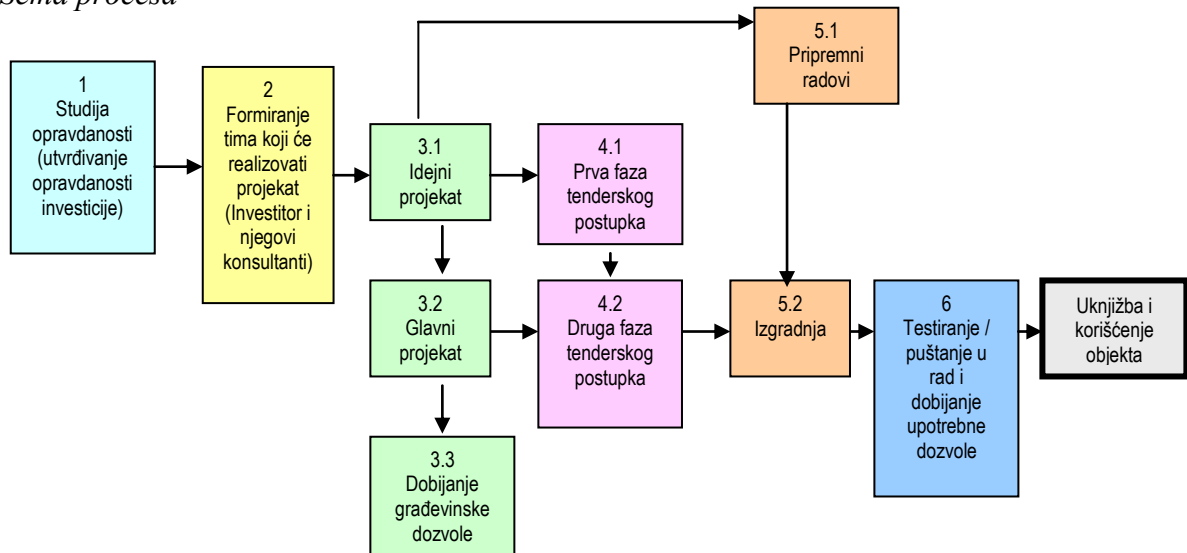
Ovaj sistem ugovaranja je uveden da bi se približio i sintetizovao proces projektovanja i građenja, čija je realizacija gotovo potpuno odvojena u tradicionalnom pristupu. Prva faza tenderskog postupka se sprovodi nakon obavezne predkvalifikacije (ovaj sistem ugovaranja zahteva strogu predkvalifikaciju, jer se tokom ugovaranja teško odustaje od izvođača sa kojim se krenulo u pregovore, ako se uoči da on nije dovoljno kompetentan), na osnovu projekta koji je razrađen do nivoa konceptualnog rešenja (neki detalji su razrađeni, ali samo do nivoa generalnog sagledavanja količina). U prvoj fazi tenderskog postupka se od budućeg izvođača radova (ponuđača) očekuje da predlože tehnološko rešenje za izvođenje radova. Na osnovu tih rešenja projektant nastavlja razradu konceptualnog rešenja, i izrađuje detaljni projekat. Druga faza tenderskog postupka se sprovodi na osnovu razrađenog detaljnog projekta i kompletiranog predmera radova, i u njoj učestvuje jedan ili više najuspešnijih ponuđača iz prve faze (ukoliko je bilo više odgovarajućih ponuđača čije su ponude bile prihvatljive, svi ovi se zadržavaju za drugu fazu tenderskog postupka).

Generalni problem ovog načina sprovođenja tenderskog postupka je neophodnost angažovanja velikog broja konsultanata, a vrlo često izvođači nisu spremni da troše veliki broj ljudskih resursa (a samim tim i materijalnih sredstava) za izradu nekoliko odvojenih tj. posebnih ponuda bez garancije da će dobiti posao. Ovaj način sprovođenja tenderskih procedura u fazama kada je građevinsko tržište u ekspanziji je jako teško sprovodljiv.

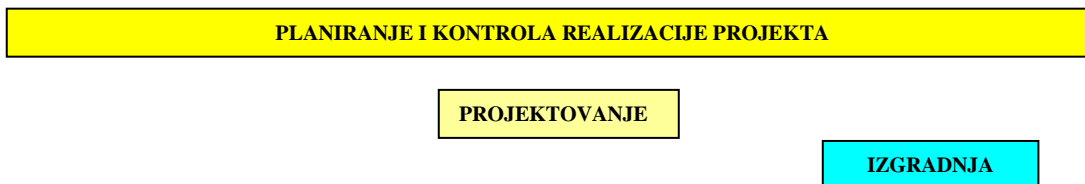
1.UVOD

Suština ugovaranja u dve faze je definisanje budžeta u maksimalnom iznosu u fazi ugovaranja, kako bi se pravilno finansirao projekat. Ovaj iznos se u britanskoj terminologiji naziva garantovano maksimalna cena - *Guaranteed maximum price (GMP)*.

Šema procesa



Orjentacioni dinamički plan



Slika 1.7 Faze realizacije projekta za tradicionalni tip ugovora – ugovaranje u dve faze

Na slici 1.7 je prikazana šema procesa sa fazama realizovanja za tradicionalni tip ugovaranja – ugovaranje u dve faze sa orjentacionim dinamičkim planom gde se vidi da je proces projektovanja vremenski odvojen od izgradnje jer se tenderska procedura sprovodi nakon završetka kompletnog projektnog rešenja.

Tradicionalni pristup se napušta savremenim pristupanjem upravljanju projektima iz dva razloga: spora realizacija projekta, i vrlo često neadekvatni predmeri kao osnova za ugovaranje, čime se javlja veliki broj nepredviđenih i naknadnih radova. U sledećoj tabeli je prikazana tendencija koja je prisutna u Velikoj Britaniji, i to procentualna vrednost projekata koji su realizovani korišćenjem približnog tendera kao tenderskog dokumenta.

1.UVOD

Tabela 1.4 Procenat projekata gde je predmer ili približan predmer korišćen kao tenderski dokument u Velikoj Britaniji (izvor RICS 2002)

	1985 (%)	1987 (%)	1989 (%)	1991 (%)	1993 (%)	1995 (%)	1998 (%)	2001 (%)
broj projekata	45,5	38,3	42,6	30,5	36,8	41,3	32,7	21,3
vrednost projekata	64,7	55,5	55,9	50,8	45,7	46,1	30,1	23,1

1.3.3.3 "Projektuj i izgradi" (Design and Build)

Ovaj način realizovanja projekata predviđa da investitor na početku angažuje projektanta za izradu konceptualnog rešenja, koje je najčešće generalna koncepcija (master plan, tehnički zadatak, tehnički opisi, specifikacije), jer se od izvođača radova očekuje da u svojoj ponudi izradi svoj predlog koncepta samog objekta. Na osnovu ovih generalnih parametara izvođači (ponuđači) treba da formiraju cenu projektovanja i izgradnje, koja bi ukoliko ne dođe do nekih nepredviđenih situacija trebalo da bude cena kompletno izgrađenog objekta. Karakteristično za ovu strategiju realizacije projekta je da je finansijski rizik prebačen na izvođača radova, a takođe postoji i veliki rizik vezan za kvalitet radova tako da je potrebno sprovoditi strogu kontrolu realizacije projekata u svim fazama realizacije od strane investitora. Ovaj sistem ugovaranja je poboljšanje tradicionalnog metoda, zbog skraćivanja rokova realizacije projekta, jer su vrlo često tehnološka rešenja projektanta neadekvatna, pa se gubi vreme za eventualno preprojektovanje i prilagođavanje, što je ovde izbegnuto jer sam izvođač organizuje projektovanje i realizuje ga paralelno sa građenjem.

U narednim tabelama (1.5 i 1.6) dat je preporučeni broj ponuđača sa kojim je sprovođenje tenderske procedure optimalno sprovedeno (sa stanovišta troškova i brzine sprovođenja) kao i preporučeno vreme sprovođenja tenderske procedure (sa stanovišta troškova i smanjenja pojave odštetnih zahteva).

Tabela 1.5 Preporučeni broj ponuđača (izvor: Code of Practice for the Selection of Main Contractors (CIB 1997))

Vrsta ugovora	preliminarna lista	tenderska lista
	broj poziva	broj pozvanih na tender
projektuj i izgradi	maksimalno 6, idealno 3 ili 4	maksimalno 3
izgradi (tradicionalni)	maksimalno 10, idealno 4-6	maksimalno 6, idealno 3 ili 4

1.UVOD

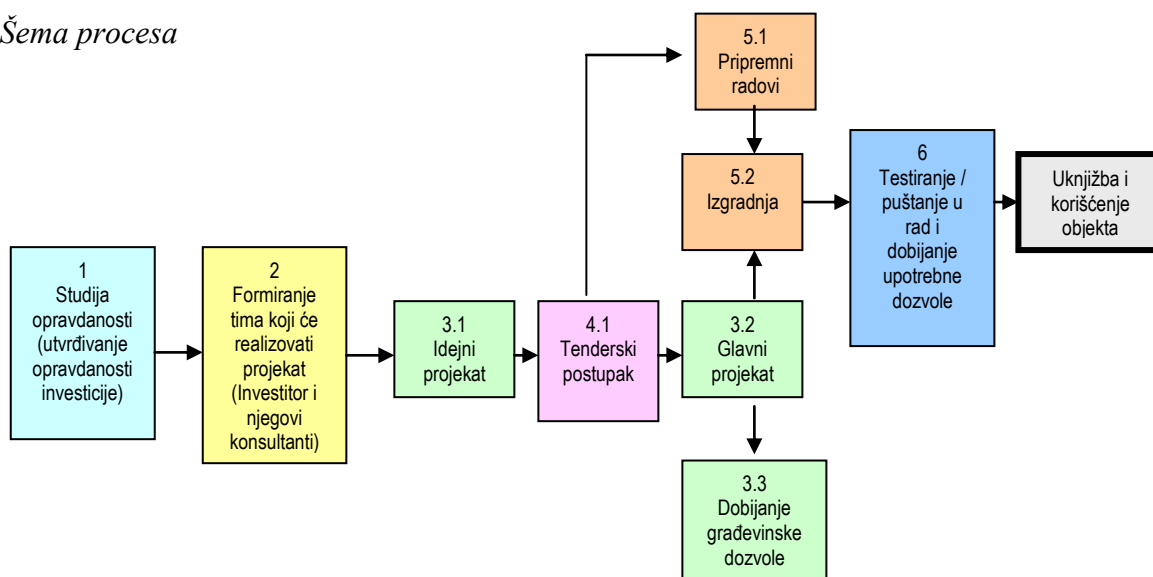
Tabela 1.6 Preporučeno vreme sprovođenja tenderske procedure (izvor: Code of Practice for the Selection of Main Contractors (CIB 1997))

Vrsta ugovora	preliminarni upit vreme za vraćanje	tender vreme za predaju ponuda
projektuj i izgradi	minimum 3 nedelje	minimum 12 nedelja
izgradi (tradicionalni)	minimum 3 nedelje	minimum 8 nedelja

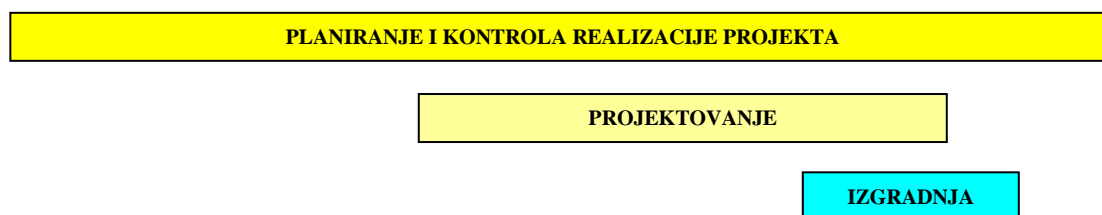
Ovaj način realizacije projekta zahteva kvalitetne izvođače radova koji poseduju dobar tehnički i komercijalni tim, a samim tim je i njihova cena izvođenja radova viša. Takođe potrebno je organizovati dobar nadzor i u fazi projektovanja i građenja. Ovakav tip ugovora treba primenjivati na projektima gde se ne zahteva visok kvalitet radova, a gde akcenat prebačen na skraćeni rok realizacije projekta. Iako se vrlo često primenjuje u praksi kod nas nije karakterističan jer nije prilagođen našem načinu apliciranja za dobijanje građevinskih dozvola. Ipak, počinje da se primenjuje pri izgradnji infrastrukturnih objekata gde se primenjuje tzv. *FIDIC*-ova "narandžasta" knjiga.

Na slici 1.8 je prikazana šema procesa sa fazama realizovanja za tip ugovora "projektuj i izgradi" sa orjencionim dinamičkim planom gde se vidi da je proces projektovanja vremenski integrisan tj. paralelizovan sa procesom izgradnje jer se tenderska procedura sprovodi nakon završetka idejnog koncepta projektnog rešenja.

Šema procesa



Orientacioni dinamički plan



Slika 1.8 Faze realizacije projekta za tip ugovora "projektuj i izgradi"

1.3.3.4 Menadžment pristup (Management Contracts)

"Ovaj način realizovanja projekata je primenljiv u slučajevima kada investitori nisu dovoljno stručni ili nemaju dovoljno specijalista za upravljanje velikim građevinskim projektima, pa sam investitor sklapa ugovor sa profesionalnim konsultantom za pružanje usluga iz oblasti upravljanja projektima." (Masterman J.W.E, 1992)

Rizici u prethodno opisanim tradicionalnoj i "projektuj izgradi" strategiji su alocirani na investitoru (tradicionalna) i na izvođaču ("projektuj i izgradi"), tako da je praksa zahtevala podelu rizika kako bi se smanjio broj sporova na projektima, što je delimično uspelo da se ostvari na projektima koji se realizuju po principu menadžmenta. Konsultant mora da bude firma koja svojim autoritetom (stručnošću, objektivnošću, poznavanjem propisa i zakona, savremenim shvatanjem građevinarstva i dr.) donosi odluke koje se lako sprovode na projektu, ne gubi se vreme na sprovođenju dugih tenderskih procedura, većina informacija je transparentna čime se postiže lakša komunikacija na projektu, čime se rizik raspoređuje između svih učesnika na projektu (investitor, konsultant, izvođač).

1.3.3.5 Upravljanje izgradnjom (Construction Management)

Izborom ove strategije investitor se odlučuje da direktno sa projektantom i svakim od izvođača za pojedine vrste radova sklopi ugovor (pojedini paketi radova). Na ovaj način izbegava se ugovaranje kompletnih radova sa generalnim izvođačem, čime se smanjuje rizik izvođača radova, a takođe i ukupna cena.

Ovom strategijom izbegava se rizik poveravanja kompletnog građenja jednoj firmi, već je *construction manager-u* povereno upravljanje građenjem koji ugovorno nije povezan sa izvođačima i projektantima već se na projektu pojavljuje kao specijalista najmljen od strane investitora da za određenu fiksnu svotu ili na osnovu angažovanih resursa profesionalno i stručno obavi upravljanje izgradnjom.

Ovaj način realizovanja projekta ima velike nedostatke jer se troškovi na projektu ne mogu sagledati u početnim fazama projekta, a prekoračivanje budžeta se obično otkriva

u podmaklim fazama, dok *construction manager* ne snosi nikakav rizik, koji je kompletno alocirano na investitoru.

1.3.3.6 *Ugovaranje i upravljanje izgradnjom (Management Contracting)*

Management contractor je profesionalni konsultant koji obezbeđuje ekspertske upravljanje i daje potrebne savete za građenje, a plaćen je nadoknadom za utrošene resurse uvećanom za dodatke i profit. *Management contractor* ne participira za profit na projektu i ne upošljava nikakvu radnu snagu i mehanizaciju, već samo organizuje gradilište i realizuje preliminarne radove. Radovi su koncipirani po principu paketa, koji se nude na tenderima, a ugovori se skalpaju između *management contractor-a* i pojedinih izvođača. Ovaj način ugovaranja ubrzava realizaciju projekta, radovi na gradilištu se realizuju paralelno sa projektovanjem (često je rizik građenja bez kompletnog projekta), a kompletni rizik uspešnosti projekta je na investitoru.

Na sledećem dinamičkom planu (slika 1.9), tj. uporednom pregledu prikazano je na koji način izborom ugovorne strategije možemo da utičemo na rok građenja. Uporedno je analiziran tradicionalni, "projektuj i izgradi" i menadžment pristup, a generalna radna struktura - WBS koji je analiziran sastoji se od projektovanja, ugovaranja i izgradnje.

Tradicionalni pristup predviđa sukcesivno odvijanje aktivnosti, tj. ne postoji nikakva paralelizacija u realizaciji glavnih aktivnosti, izgradnja počinje nakon završetka kompletnog tenderskog postupka, koji se sprovodi na osnovu kompletirane projektne dokumentacije. Ovde treba napomenuti da domaća pravna regulativa vezana za dobijanje građevinskih dozvola je adekvatna ovom načinu realizacije projekta.

"Projektuj i izgradi" pristup predviđa sprovođenje tenderskog postupka nakon završetka idejnog projekta. Izgradnja i rad na detaljnom projektu je odgovornost generalnog izvođača, i realizuje se paralelno, čime se skraćuje trajanje realizacije kompletnog projekta.

Menadžment pristup predviđa projektovanje, ugovaranje i izgradnju pojedinih radnih paketa, čime se dodatno paralelizuju radovi, i skraćuje trajanje realizacije kompletnog projekta.

Projekat čija izgradnja orijentaciono traje 540 dana, tradicionalnim pristupom realizacije bi trajao 840 dana, pristupom "projektuj i izgradi" 735 dana, a menadžment pristup bi omogućio rok od 690 dana. Ovaj primer predstavlja jednostavan projekat, i na njemu se vide velike uštede u vremenu realizacije, dok je na kompleksnim projektima ta ušteda procentualno još veća.

Troškovi upravljanja projektom zavise od trajanja projekta i spadaju u indirektno troškove na projektu. Oni su često i presudni prilikom donošenja odluke koji tip ugovora i način realizacije treba primeniti. Ovde je data analiza troškova upravljanja projektom na tri projekta, koji su označeni kao projekti vrednosti 5 miliona dolara, 50 miliona dolara i 500 miliona dolara. Može se pretpostaviti da se projekat vrednosti 5 miliona dolara realizuje za 18 meseci, projekat vrednosti 50 miliona dolara za 33 meseca i projekat vrednosti 500 miliona dolara za 48 meseci. Tim za upravljanje

1.UVOD

projektima je sastavljen od konsultanata za upravljanje projektom, konsultanata za projektovanje, izgradnju i testiranje. U tabeli 1.7 je dat procenjeni broj angažovanih konsultanata, i to nakon sprovedene analize sa nekoliko velikih projekata i tendera na kojima je autor ove disertacije učestvovao. Procenjeni broj angažovanih konsultanata je dat u jedinicama čovek/mesec.

Tabela 1.7 *Angažovanje konsultanata na građevinskim projektima – gruba analiza*

Budžet projekta	Trajanje (mes)	PM konsultant (čov-mes)	Konsultanti za projektovanje (čov-mes)	Konsultant za izgradnju (čov/mes)	Testiranje (čov-mes)
5	18	118	92	41	4
50	33	248	208	97	22
500	48	717	624	791	190

Budžet projekta	PM konsultant (čov/mes)	Konsultanti za projektovanje (čov-mes)	Konsultant za izgradnju (čov/mes)	Testiranje (čov/mes)
5	6.6	5.1	2.3	0.2
50	7.5	6.3	2.9	0.7
500	14.9	13.0	16.5	4.0

Budžet projekta	PM konsultant (čov/mil \$)	Konsultanti za projektovanje (čov-mes)	Konsultant za izgradnju (čov/mes)	Testiranje (čov/mil \$)
5	23.6	18.4	8.2	0.8
50	5.0	4.2	1.9	0.4
500	1.4	1.2	1.6	0.4

Budžet projekta (mil \$)	PM konsultant (% od budžeta)	Konsultanti za projektovanje (čov-mes)	Konsultant za izgradnju (čov/mes)	Testiranje (% od budžeta)	UKUPNO
5	10.62%	6.44%	3.28%	0.32%	20.66%
50	2.23%	1.46%	0.78%	0.18%	4.64%
500	0.65%	0.44%	0.63%	0.15%	1.87%

Na malim projektima (npr. vrednosti do 5 miliona dolara) troškovi upravljanja projektom mogu da budu i preko 20% od ukupnih troškova građevinskog projekta, što je neprihvatljivo osim u slučajevima kada se zahteva visok kvalitet izvedenih radova, i kada se angažovanjem tima za upravljanje projektom i primenom menadžment ugovora smanjuje rizik vezan za kvalitet radova.

Na velikim građevinskim projektima opravdano je primenjivati menadžment ugovore i angažovati veliki tim za upravljanje projektom jer procentualni troškovi upravljanja nisu procentualno visoki u odnosu na kompletne investicione troškove.

1.3.3.7 *Zajednički poduhvat (Joint Venture)*

Određeni građevinski projekti su vrlo kompleksni tako da je distribucija odgovornosti između konsultanata, investitora i izvođača problematična. Jedno od rešenja je pristup da se projektovanje i implementacija projekta realizuje kao zajednički poduhvat (*joint venture*) između svih konsultanata i nekih ili svih specijalizovanih podizvođača. Ovo je

radikalniji pristup od tradicionalnog, ali predstavlja ublaženi *management* pristup, jer se utiče na smanjivanje rizika konsultanata za upravljanje izgradnjom.

"Nije neophodno formirati posebno preduzeće pri realizaciju ovakvih poduhvata (projektata). Ugovor između učesnika u zajedničkom poduhvatu (*joint venture*) treba da bude pažljivo obrađen, obezbeđene garancije za dobro izvršenje posla ili garancije preduzeća osnivača." (Huges *et al.*, 1998).

Korišćenje konzorcijuma je vrlo često primenljiv model u Zapadnoj Evropi, pa i kod nas u poslednje vreme, i to najčešće pri realizaciji projekata u državnom sektoru.

1.3.3.8 Partnerstvo

Partnerstvo je menadžment pristup korišćen od dve ili više organizacija da bi se postigli specifični poslovni ciljevi, maksimiziranjem efektivnosti resursa svih učesnika. "Pristup je baziran na zajedničkim ciljevima, dogovorenom metodu rešavanja problema i aktivnom traženju kontinuiteta merljivih poboljšanja." (Benett J., Jayes S., 1995)

Savremene tendencije u građevinskoj industriji su u izgrađivanju odnosa partnerstva između ključnih učesnika na projektu, kako bi se prevazišli tradicionalni suprotstavljeni odnosi učesnika na projektima. Ono se zasniva na volji onih koji učestvuju u njemu da budu otvoreni, da dele informacije slobodno koliko su u mogućnosti i da traže rešenja za bilo koje razlike tj. sporove na otvoren i konstruktivan način. U postojećoj literaturi koja se bavi partnerskim odnosom u građevinarstvu, postignut je konsensus da partnerstvo vodi ka boljoj kontroli troškova, boljem kvalitetu proizvoda, bliskijim odnosima između investitora i izvođača, poboljšanoj komunikaciji, kontinualnom poboljšanju, inovativnom potencijalu, manjim administrativnim troškovima, manjem broju sporova i parnica, povećanom zadovoljstvu i poboljšanom kulturom poslovanja (Chan *et al.*, 2003)

Postoje različite forme partnerstva koje se primenjuju u Velikoj Britaniji, Sjedinjenim Američkim Državama, Japanu kao i u Evropskoj Uniji. U početku, partnerstvo se ostvarivalo preko Sporazuma o partnerstvu – pravnog dokumenta koji je utvrđivao smernice za odnose između stranaka, ali koji se sam po sebi nije mogao zakonski nametnuti. U takvom slučaju, na snazi bi i dalje bio Standardni obrazac ugovora. Sporazum o partnerstvu je samo sugerisao kako bi stranke samog ugovora idealno trebalo da se ponašaju. 2000. godine u Velikoj Britaniji pojavio se PPC2000 – ugovor o partnerstvu koji je dao pravnu snagu partnerskim odnosima. Na projektima koji se realizuju po ovom modelu veliki broj pojedinaca i preduzeća mogu biti stranke u ugovoru, za razliku od tradicionalnih ugovora gde su prisutne dve stranke u ugovoru, investitor i glavni izvođač.

Do sada, samo mali broj sporova se rešavao na sudu gde su se ugovorne strane stvarno pridržavanje slova ugovora jedne ili druge stranke. Odnos partnerstva (bez obzira da li preko sporazuma ili preko PPC2000) može se primeniti kod jednostavne šeme – projektnog partnerstva, ili kod niza programa, koji se protežu na nekoliko godina – strateškog partnerstva. Istraživanjima se došlo do rezultata da se projektnim

partnerstvom može uštedeti 2-10 %, dok se strateškim partnerstvom može uštedeti i do 30% od planiranih troškova projekta (Myers D., 2004).

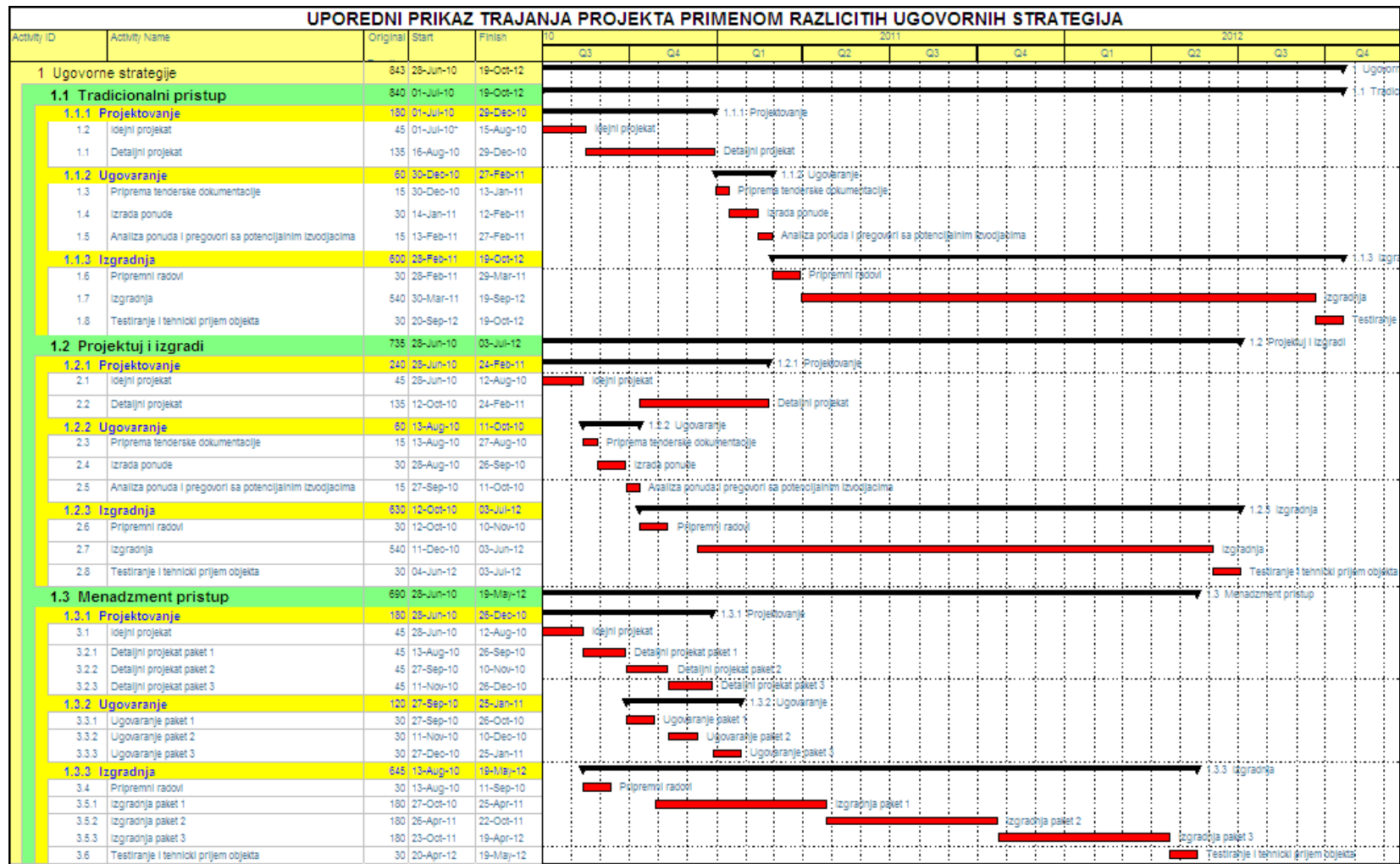
1.3.3.9 Primarno ugovaranje (*Prime Contracting*)

Ovaj pristup prema Murdoch J. (2008) uključuje integraciju projektovanja, izgradnje i održavanja kroz odgovornost jednog glavnog izvođača. Glavni izvođač preuzima odgovornost za sve aktivnosti na projektu od izbora podizvođača do isporuke proizvoda, tj. objekta. Ovo je jedna vrsta partnerskog odnosa gde investitor sklapa jedan ugovor sa glavnim izvođačem koji zastupa njegove interese i obezbeđuje realizaciju projekta u odgovarajućem kvalitetu, budžetu i rokovima, kao una-pred definisane ciljeve na projektu.

1.3.3.10 PFI - Privatna inicijativa finansiranja

Početak devedesetih godina prošlog veka vlada Velike Britanije kreirala je novi način finansiranja građevinskih radova – primenjiv, pre svega, u javnom sektoru visokogradnje kao što su škole, bolnice i slično. To je u suštini odnos između hipotekarnog dužnika (privatni sektor) i hipotekarnog poverioca (javni sektor). Nabavljač privatnog sektora je odgovoran za prikupljanje sredstava, pronalaženje tima za projektovanje i izvođača radova (koji se biraju sprovođenjem odgovarajućih tenderskih procedura) i izgradnju potrebnih objekata. Najupadljivija karakteristika ovog pristupa javnoj nabavi jeste da nabavljač zadržava i održava zgradu u periodu od 25 do 40 godina, baveći se onim što se naziva dugoročno upravljanje objektima.

1.UVOD



Slika 1.9 Uputredni prikaz trajanja projekta primenom različitih ugovornih strategija (tradicionalni pristup, "projektuj i izgradi" i menadžment pristup)

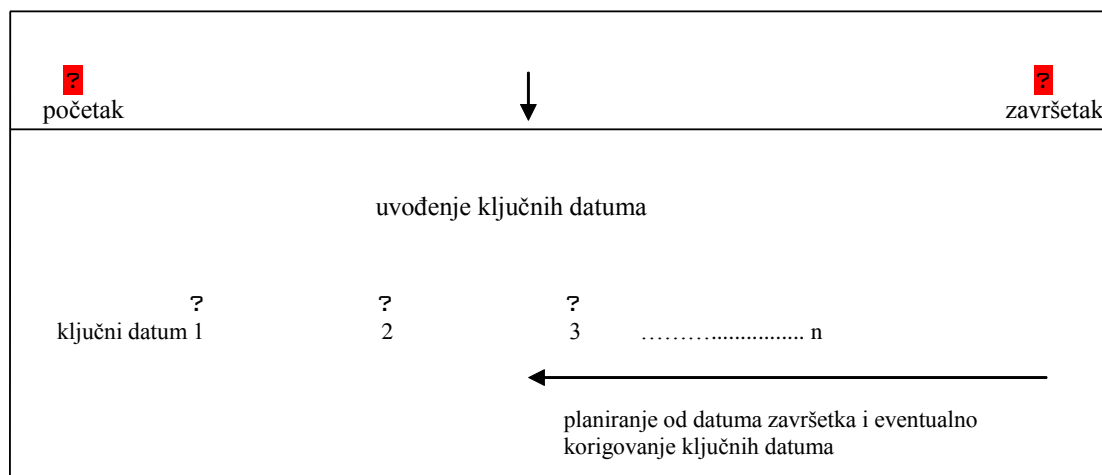
1.3.4 *Planiranje realizacije građevinskih projekata*

Građevinski projekti, posebno veliki, su jako rizični sa stanovišta vremena realizacije. Treba imati u vidu da je osavremenjavanjem proizvodnje došlo do smanjenja troškova mnogih proizvoda, dok je građevinski proizvod zadržao veoma visoke troškove iz razloga visokih logističkih troškova, duge realizacije, klimatskih uticaja na građenje, rizika tržišta i drugo. Razlog za visoke troškove je i nedovoljna primena savremenih metoda planiranja, organizacije, logistike i zadržavanje visokog procenta indirektnih troškova u građevinskom proizvodu.

"Vremenski plan radova, tj. dinamički plan (prema FIDIC-u *Programme*) obično nije deo ugovorne dokumentacije, već se u ugovoru navodi samo vreme za koje projekat treba da bude realizovan. Prilikom procenjivanja troškova realizacije projekta neophodno je predvideti i redosled realizacije pojedinih aktivnosti kako bi se ostvarili optimalni troškovi, tj. da se projekat realizuje u optimalnom roku. Vremenski plan radova je važan ulazni podatak za dokazivanje i proračun dodatnog vremena za završetak radova, iako najčešće nije deo ugovora o izgradnji." (Popović Ž., 2009).

Planiranje je dugo vremena bilo vezano pretežno za izgradnju, tj. izvođenje radova. Savremeno shvatanje upravljanja projektima, primena novih tipova ugovora je proširilo planiranje na sve aktivnosti u realizaciji projekata jer se uvidelo da je suština uspešne realizacije građevinskih projekata u smanjivanju indirektnih troškova, u što bržem puštanju u eksploataciju izgrađene investicije, povoljnom protoku novca i drugo. U prethodnom poglavlju su ukratko objašnjeni mogući načini sprovođenja tenderskih procedura i paralelizacija aktivnosti na projektu, uz kontrolisanje rizika, koje je moguće sprovoditi efikasijim planiranjem i kontrolom projekata.

Veliki građevinski projekti su obično ograničeni rokom završetka radova, tj. unapred se definiše datum puštanja u eksploataciju, tako da je najbolje u početnoj fazi planiranje započeti na osnovu tog krajnjeg datuma (koji može biti početak velikih sportskih takmičenja, početak eksploatacije ili proizvodnje itd.) Do optimalnog plana realizacije projekta dolazi se iterativnim postupkom, uz konsultovanje tima koji će realizovati projekat. Na početku projekta treba definisati ključne datume (početak projekata, usaglašavanje projektnog zadatka, usvajanje idejnog projekta, dobijanje građevinske dozvole, potpisivanje ugovora sa izvođačem, završetak iskopa, itd.), koji se u toku izrade detaljnog plana mogu korigovati. Definisane ključnih datuma (*milestone*) je veoma važno jer se na taj način veliki i kompleksni projekti sa velikim brojem aktivnosti praktično dele na više faza, pri čemu ih je lakše planirati i kontrolisati. Za dobro planiranje projekta neophodno je ustanoviti radnu - WBS strukturu na početku projekta, kojom će se srodne aktivnosti obuhvatiti pojedinim paketima radova.



Slika 1.10 Šematski prikaz planiranja u fazi implementacije projekta – slučaj kada je fiksiran datum završetka projekta

1.3.4.1 Značaj pravilnog definisanja WBS strukture

Radna struktura - WBS (*Work Breakdown Structure*) je hijerarhijsko ustanovljavanje radova koji treba da budu realizovani, da bi se projekat završio, tj. da bi se objekat izgradio. WBS je strukturiran u nivoima, krećući od najnižeg nivoa aktivnosti (*deliverables*), koji su podeljeni na prepoznatljive elemente radova. Svaki projekat ima specifičnu WBS strukturu, a svaki WBS element može da sadrži detaljnije WBS nivoe, aktivnosti ili oboje. Prilikom kreiranja projekta razvija se WBS struktura na početku, dodeljuju dokumenta svakom WBS elementu, i onda definišu aktivnosti koje su neophodne da bi se radovi izvršili.

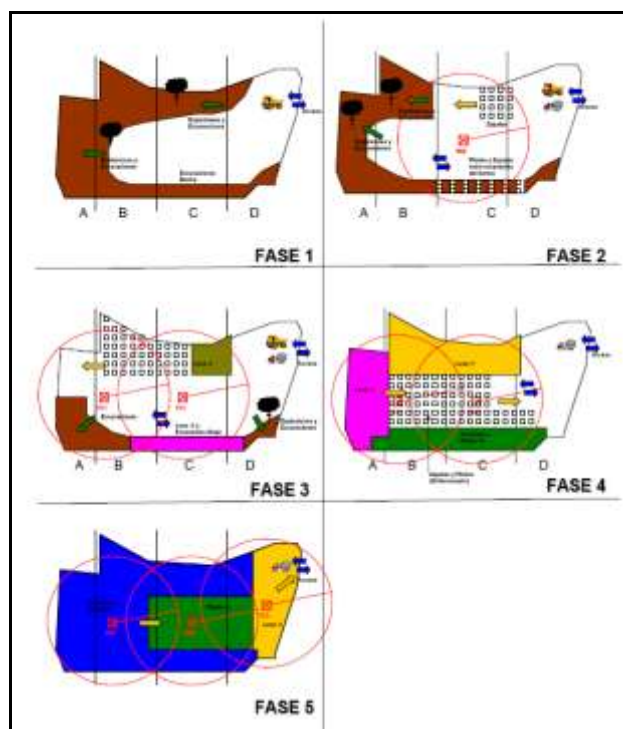
Osim prilikom planiranja projekata, gde WBS pomaže da se lakše sagledaju radovi, usklade na osnovu uslova projekta, čime je planiranje olakšano, ključna uloga primene WBS strukture je pri kontroli realizacije projekata. Prilikom sprovođenja kontrole realizacije projekata čest je slučaj da se registruje odstupanje od plana, ali nije poznato na kojim pozicijama su odstupanja kritična, tako da je WBS hijerarhija presudna za ustanovljavanje odstupanja i praćenje tokom sprovođenja korektivnih akcija.

Pravilno definisanje WBS strukture zavisi od sledećih faktora:

- načina projektovanja, tj. nivoa do koga se razrađuje projekat;
- ugovorne strategije i načina sprovođenja tenderskog procesa;
- planiranog kvaliteta radova;
- tehnologije izvođenja radova;
- organizacije radova i dr.

Iz prethodnog teksta se vidi značaj izbora ugovorne strategije na dinamiku i kontinuiranost realizacije na velikih građevinskim projektima, kao i uticaj na rizike na projektu. Savremeno strateško i operativno planiranje podrazumeva:

- *šema organizacije gradilišta* sa svim potrebnim privremenim objektima, infrastrukturom, koridorima, objektima zaštite i dr. U ovoj fazi treba ustanoviti i eventualnu potrebu za izmeštanjem, kao i sve troškove koji ulaze u tzv. mobilizaciju i organizaciju gradilišta.
- "*definisanje faza pri realizaciji projekata tzv. faziranje (phasing)*, tj grafički prikaz strateških aktivnosti na gradilištu (iskop, grubi građevinski radovi, infrastruktura itd.). Na ovaj način se definiše organizacija i tehnologija građenja, u skladu sa mogućnostima gradilišta, a iz faza građenja proističe dinamički plan (tj. program izvođenja radova). Program radova treba da bude u skladu sa tehnologijom izvođenja radova (*method statement*), koji podnosi izvođač sa ciljem da opiše usvojene metode rada." (Popović Ž., 2009). Na slici 1.11 su prikazane grube faze građenja, sa obeleženim frontovima rada, šrafiranim vrstama radova, ključnom mehanizacijom i koridorima za transportovanje. Ovu analizu je neophodno izvršiti da bi se analizirao generalni dinamički plan građenja, tj. da bi se sagledali rizici i organizacioni i tehnološki konflikti koji mogu uticati na realizaciju.



Slika 1.11 *Moguće faze prilikom gradnje velikog objekta (tržni centar u gradskoj zoni - šema razvijena na projektu na kome je učestvovao autor ove disertacije)*

- *sagledavanje trajanja svake aktivnosti*, u skladu sa raspoloživim frontom rada, mehanizacijom, ljudstvom, klimatskim faktorima i ostalim ograničenjima. Takođe treba sagledati i uključiti u dinamički plan razne zastoje (tehnološke, zakonske i dr.). Svakoj aktivnosti po mogućstvu treba

- pridružiti ključne resurse, u koje spadaju: radna snaga, glavna mehanizacija, ključni materijali i novčani iznosi;
- definisanje tehnologije izvođenja radova (*method statement*);
 - sagledavanje dinamike finansiranja projekta (*cash flow*);
 - određivanje načina ugovaranja (*method of procurement*) i inkorporacija u dinamički plan;
 - *program*, tj. dinamički plan u skladu sa prethodno usaglašenom WBS strukturom. Program radova treba da sadrži ključne datume (milestones), kao bitne repere za sve učesnike na projektu;
 - *logistički plan* koji treba da sadrži analizu dopreme materijala na gradilište, privremene objekte i logističke centre, čime se identifikuju i eventualni skriveni troškovi. Ukoliko je moguće na velikim gradilištima treba predvideti dopremu materijala vodnim transportnim sredstvima i izgradnju pratećih objekata na samom gradilištu, čime se postižu velike dugoročne uštede.

1.3.4.2 Nivoi planiranja

Prema istraživanju *Laufer et al* (1994) utvrđeno je da je pet aktivnosti bitno prilikom planiranja (ovo istraživanje je bazirano na izvođačima radova u SAD, Velikoj Britaniji i Izraelu):

1. planiranje aktivnosti;
2. koordinacija;
3. kontrola;
4. predviđanje;
5. optimizacija

Projektno planiranje je vrlo slično strateškom planiranju - inicijalno se vrši u cilju zadovoljenja dalekosežnih ciljeva projekta, što se, kada su u pitanju projekti, uobičajeno naziva *Plan nivoa 1*. Na tom nivou je projekat predstavljen samo sa par globalnih aktivnosti, uz isticanje ključnih datuma, kao što su početak, završetak i nekoliko međurokova kroz koje projekat mora da prođe kao kroz kontrolne tačke kako bi se utvrdilo eventualno odstupanje od roka završetka. Ovaj nivo plana razvija investitor zajedno sa konsultantima, u najranijoj fazi projekta. Plan nivoa 1 koristi mesec kao kalendarsku jedinicu.

Sledeći je *Plan nivoa 2*, gde se detaljnije opisuju delovi projekta obzirom na njihova trajanja, razrađujući sa nešto više pojedinosti svaki od ključnih događaja i svaku globalnu aktivnost iz plana nivoa 1. Posebno se detalji isporuke opreme i materijala razrađuju, budući da se vreme ugovaranja tih isporuka mora u ovoj fazi definisati kako bi se obezbedilo njihovo pravovremeno prispeće na mesto ugradnje. Nivo 2 je upravo i nivo detaljnosti zahtevan u tenderskoj dokumentaciji kao plan po kome će se izvršavati projekat, ukoliko se projekat ugovara sa generalnim izvođačem. Ovaj nivo planiranja se

radi takođe u ranoj fazi, prave ga investitor i konsultanti, gde je već pouzdano ispitano tržište, i gde se znaju rokovi za dobijanje dozvola, isporuke materijala, klimatske specifičnosti gradilišta itd. Ovaj nivo planova je potrebno imati u fazi ugovaranja građenja, i on u toj fazi trpi najveće izmene. Trajanja aktivnosti plana ovog nivoa se definišu takođe u mesecima.

Plan nivoa 3 dovoljno detaljno definiše pojedine grupe aktivnosti srodne tehnologije i njihova globalna međuzavisnost sa aktivnostima drugih tehnologija (npr., veze gotovosti arhitektonsko - građevinskih radova sa ugradnjom instalacija, opreme i zanatskim radovima). Plan nivoa 3 ima za sebe vezanu i resursnu, a naročito troškovnu dinamiku. Ovakvi planovi se prave u fazi mobilizacije glavnog izvođača, i pravi ga izvođač radova u okvirima ugovorenog plana nivoa 2.

Jedan od značajnih izveštaja iz nivoa 3 planiranja je i finansijska "S" kriva, koja svojim oblikom već sugerise nivo organizacije projekta: težište "S" krive koje naginje ka datumu početka projekta nepovoljno utiče na investitora, koji mora većinu troškova pokriti na početku, što znači da će se izvođaču i isporučiocima plaćati veće sume još u ranoj fazi projekta, dok će za završetak ostati manji deo, koji ne znači da će garantovati blagovremeni završetak (izvođač može pokazati nezainteresovanost za dovršetak projekta, pošto je većina već izvršena i naplaćena). Naginjanje težišta ka kraju roka izvršenja projekta povoljnije je za investitora zbog mogućnosti lakše raspodele troškova i obezbeđivanja povoljnijih kredita, ali je kritično po održivost krajnjeg roka, obzirom da je većina aktivnosti planirana za sam kraj projekta, što može izazvati zasićenje resursima do nivoa nemogućnosti otvaranja dovoljnog fronta kojim bi se obezbedila angažovanost resursa i njihova produktivnost. Inicijalni period trajanja projekta ostaje neiskorišćen ili je praćen radovima niskog intenziteta, što nepovoljno utiče na moral i angažovanost izvođača, kao i na poverenje investitora. Planovi ovog nivoa najčešće koriste nedeljni kalendar.

Za *Plan nivoa 4* važi da je već toliko detaljan da se u njemu jasno vide rokovi i međurokovi svih važnijih grupa aktivnosti, "S" kriva se lako može modulirati i resursi detaljno isplanirati. Aktivnosti su detaljno opisane i projekt se može izvesti primenjujući ovaj plan. Pored "S" krive, plan nivoa 4 sadrži i histograme radne snage, detaljnu listu opreme i materijala potrebnih za izvođenje, sa preciznim rokovima isporuke i ugradnje. Međurokovi su detaljno razrađeni i ključni datumi tačno locirani i definisani. Mnogi projektni planovi ostaju na ovom nivou. Ujedno, nivo 4 je upravo i nivo detaljnosti zahtevan u tenderskoj dokumentaciji kao plan po kome će se izvršavati projekat, ukoliko se projekat ugovara po tenderskim paketima, a ukoliko se projekat ugovara sa generalnim izvođačem ovaj nivo plana rade podizvođači uz koordinaciju generalnog izvođača. Jedinica planiranja je najčešće dan.

Još detaljniji je *Plan nivoa 5* koji razlaže svaku tehnološku celinu i pojedinačne aktivnosti čiji je osnovni interval trajanja jedan dan. Ukoliko je sistem ažuriranja i izveštavanja stepena gotovosti projekta inertniji i ne može izdržati časovne promene, bezpredmetno je detaljisati na nivou sata i minuta u planu, jer je svaki presek stanja u trenutku kada je uobličen u formu izveštaja već prevaziđen odvijanjem događaja i izvršenjem aktivnosti na samom projektu.) Sve podatke u vezi aktivnosti, resursa, troškova i rokova moguće je generisati iz plana nivoa 5. On je ujedno i najdetaljniji nivo koji se primenjuje u planiranju projekata sa jedinicom vremena dan.

CIOB 2009 uočava najviše šest (6) nivoa u planu radova:

- *nivo 1* – faza projekta (za najviši menadžment),
- *nivo 2* – lokacija ili objekat,
- *nivo 3* – disciplina ili vrsta rada,
- *nivo 4* – glavne aktivnosti,
- *nivo 5* – detaljne aktivnosti,
- *nivo 6* – mikro aktivnosti

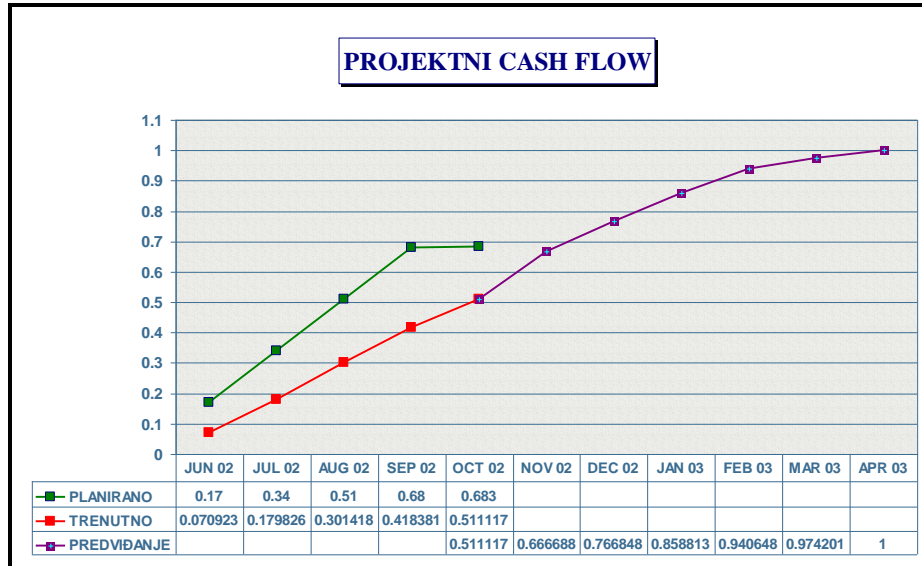
U ovoj disertaciji će se planiranje posmatrati sa aspekta investitora i izvođača radova, dok će se planovi ostalih učesnika na velikim građevinskim projektima biti sagledani kao integrisani planovi u investitorov pogled na realizaciju projekta. Na sledećoj shemi (slika 1.12) prikazano je kako se planovi razvijaju na velikim građevinskim projektima. Velike građevinske projekte obično ne može da realizuje jedan učesnik, iako se pri realizaciji projekata koji nisu kompleksni i gde se ne pojavljuju specifični zahtevi investitori teže ugovaranje po sistemu "projektuj izgradi", kako bi se smanjio broj učesnika i zahtevna koordinacija i planiranje. Na šemi se vidi da plan nivoa 1 određuje trajanje samo ključnih aktivnosti, i tu se najčešće polazi od krajnjeg roka, koji je unapred definisan. U ovoj fazi je važno identifikovati trajanje, preklapanje aktivnosti, i eventualne konflikte i rizike plana.

Plan nivoa 2 takođe definiše investitor, na osnovu zahteva projekta, tj. kompletne investicije, protoka novca i dr. Ovaj nivo plana treba da bude pripremljen pre početka izrade tendera za izbor glavnih učesnika na projektu. Plan nivoa 3 se obično definiše u toku ugovaranja, i on može biti deo ugovorne dokumentacije. Ovaj plan je ključan dokument pri kontroli realizacije, osnov pri utvrđivanju odštetnih zahteva i dr.

Samo projektovanje i izvođenje radova na gradilištu zahteva detaljnije operative planove nivoa 4, dok su planovi nivoa 5 obično planovi koji služe glavnim izvođačima za koordinaciju radova podizvođača.

"Prilikom planiranja realizacije projekta ne uzimaju se u obzir samo ukupni troškovi već i vreme pojedinih plaćanja, tj. dinamika angažovanja finansijskih sredstava. Ovaj koncept se naziva protok novca "cash flow", gde je pozitivan protok u slučaju kada se novac dobija, a negativan protok kada se novac troši. "Cash flow" je vrednosni koncept zbog toga što nam omogućuje da posmatramo finansiranje projekta u različitim svetlima" (Ferry D., 1991).

Planiranje novčanih tokova je važna aktivnost za sve učesnike na projektu. Sistem obračuna i naplate građevinskih radova je najčešće nepovoljan za izvršioce, posebno za generalne izvođače radova. U savremenom finansiranju projekata se izbegava isplata visokih avansa, jer je za njih potrebno obezbediti stroge garancije banaka, a i nepovoljni su sa stanovišta obračunavanja poreza izvođača u mnogim zemljama, tako da je praktično primenjivati ugovaranje po paketima radova što je ranije i objašnjeno. Naplata radova od investitora se sprovodi nakon realizacije, koja najčešće obuhvata izradu radioničkih i detaljnih crteža, nabavku materijala, proizvodnju građevinskih sklopova u radioničkim uslovima, dovoz i ugradnju na gradilište, prihvatanje istih od strane nadzornih organa, izdavanje privremenih situacija, pregled istih od strane investitora i konačnu naplatu izvedenih radova. Iz prethodnog se može zaključiti da je novčani tok investitora i izvođača radova različit, tj. troškovi investitora su u vremenskom zaostatku u odnosu na izvođačeve troškove i ovaj diskontinuitet bi trebao da pokrije avans.

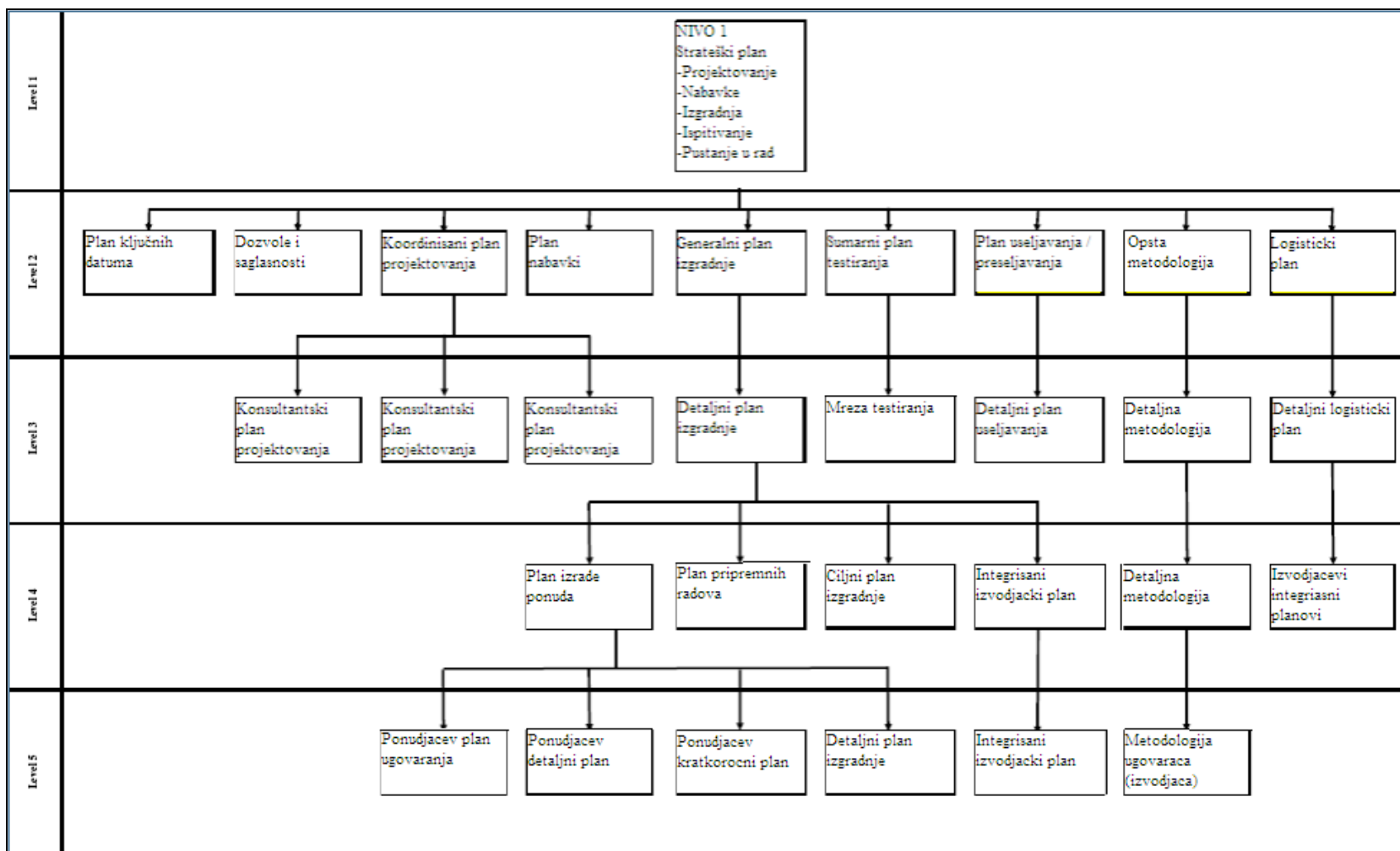


Slika 1.13 Protok novca (cash flow) planirani i trenutni (sa predviđanjem do kraja projekta)

Plan angažovanja pojedinih resursa je takođe važan deo vremenskog plana realizacije projekta i treba ga razvijati kao osnova za kontrolu realizacije projekta. Ovaj deo će biti objašnjen u delu koji se odnosi na modele za kontrolu realizacije projekata.

Osnovne smernice koje su prethodno objašnjene su najbitnije za planiranje realizacije građevinskih projekata. Ovde su objašnjeni osnovni principi, a osnovne pretpostavke na kojima je bazirana ova disertacija su:

- projekti treba da se realizuju u unapred određenom roku uz optimalno angažovanje svih resursa;
- sprovođenje odgovarajuće tenderske procedure je osnovna strategija kojom je moguće smanjiti rizike na projektu;
- kontrola efikasnosti pojedinih resursa, okruženja, i kompletne realizacije projekta se sprovodi tokom planiranja i kompletne realizacije projekta.



Slika 1.12 Vrste planova po nivoima planiran

2. STANDARDNI MODELI ZA KONTROLU REALIZACIJE PROJEKATA

2.1 Uvod

Građevinska proizvodnja se smatra vrlo rizičnom delatnošću zbog niza faktora (lokacijski, klimatski, politički, ekonomski, pravni, geotehnički itd.), i vrlo je teško predvideti konačan rezultat, tj. troškove, rokove, kvalitet, ekološki uticaj na okolinu, bezbednost itd. "Proces proizvodnje može biti objašnjen najmanje na tri različita načina:

1. kao proces izmene ulaza u izlaz;
2. kao protok materijala i informacija kroz vreme i prostor i
3. kao proces generisanja vrednosti za korisnike.

Sve tri koncepcije su odgovarajuće i primenljive, međutim, do skoro je prvi model (model izmene) bio dominantan model u građevinskoj industriji" (Koskela L., Huovila P., 1997).

Najveći nedostaci građevinske proizvodnje u odnosu na klasičnu industrijsku proizvodnju su:

1. za razliku od klasične proizvodnje, planiranje, projektovanje i nabavke u građevinarstvu su odvojeni procesi od faze izgradnje tj. proizvodnje;
2. svaki građevinski objekat je unikatan, tj. specijalno poručen od strane investitora, i iz tog razloga ovaj način proizvodnje ima svoje specifičnosti:
 - geografska odvojenost gradilišta izaziva prekide u toku proizvodnje,
 - diskontinuarne potrebe,
 - rad na otvorenom
3. preuzimanje podataka vezano za projektantsko rešenje i specifikacije od strane isporučilaca i podizvođača nije standardizovana procedura, tako da često u toku realizacije projekta, pa čak i samog građenja dolazi do izmena i ponovnog projektovanja, čime se dešavaju poremećaji u kontinuitetu realizacije.

Građevinski projekat treba posmatrati kao privremeni profitni centar koji je funkcionalni deo građevinske firme i realizuje se u specifičnom okruženju i vrlo je često lokacijski dislociran od matičnog sedišta preduzeća, ali koji treba da svojim pozitivnom rezultatom doprinese unapređivanju građevinskih preduzeća i njenom opstanku na tržištu.

"Uspešno upravljanje projektima zahteva planiranje, merenje, ocenjivanje, predviđanje i kontrolu svih aspekata na projektu: kvaliteta i količina radova, troškova i rokova" (Oberlender G, 2000). Tradicionalno upravljanje projektima se pokazalo nedovoljno efikasnim u praksi, najviše iz razloga što metodologija na kojoj se bazira upravljanje nije dovoljno i adekvatno prilagođena praksi da bi se uspešno izborilo sa objektivnim otežavajućim okolnostima i rizicima u kojima se realizuje građevinski projekat.

U savremenoj praksi upravljanja projektima nastoji se da se svi učesnici na projektu maksimalno približe, tj. da im se postave zajednički ciljevi, kako ne bi dolazilo do konfrontacija i sporova koji neminovno dovode do odstupanja od unapred zadatih ciljeva. Građevinski projekti su privremeni organizacioni sistemi koji nastaju za potrebe konkretnog poduhvata, a kako su na njima angažovani različiti učesnici oni predstavljaju privremene multi-organizacije. Iako privremeni, oni su za vreme realizacije projekta naslanjaju na stabilne sisteme preduzeća, pa se vrlo često dešavaju konflikti zbog neusklađenosti organizacionih struktura preduzeća koja učestvuju na projektima i organizacione strukture samog projekta.

Građevinska preduzeća najčešće nastupaju na različitim tržištima na kojima vladaju različiti uslovi, a imajući u vidu da se kapaciteti građevinskih preduzeća teško usklađuju sa potrebama za građevinskim proizvodom na određenom tržištu, a i zbog najčešće vrlo jake konkurencije u segmentima građevinske privrede koji se intenzivno razvijaju teško je dimenzionisati kapacitete građevinskih preduzeća i projektovati njihov razvoj u nekom dužem vremenskom periodu. Svaki projekat mora da se prilagodi uslovima sredine na kojima se izvodi (politički, ekonomski, kulturološki, klimatski i dr.), ali je ujedno on zavisna i od organizacione strukture preduzeća i uslovima u kojima ona posluje. Planiranje i kontrola realizacije građevinskih projekata je uslov za uspešnu realizaciju u takvim uslovima, i za praćenje svih projekata od strane višeg menadžmenta građevinskog preduzeća.

Planiranje realizacije građevinskog projekta vrši se na osnovu prethodno ustanovljenih troškova (budžeta) projekta, tj. na osnovu kalkulisanje cene umanjene za planirani profit i režijske troškove samog preduzeća. Tradicionalno kalkulisanje cena tj. troškova građevinske proizvodnje se smatra osetljivim postupkom, koji obično nije transparentan, i ovo je uz primenu neodgovarajućih ugovora glavni razlog sporova između učesnika na projektu. Građevinsko preduzeće pri nastupanju na međunarodnom tržištu može da se zaštiti jedino jasno sastavljenim i definisanim ugovorom, a isto važi i sa stanovšta investitora. Osim toga moguće približavanje investitora i izvođača je moguće uspostavljanjem zajedničkih ciljeva na projektu.

Pre bilo kakvog planiranja i realizacije projekata neophodno je ustanoviti rizike na projektu, i odrediti način i metode upravljanja rizicima. Sama teorija rizika se najviše primenjuje u bankarstvu, osiguranju i drugim segmentima finansijskog poslovanja, a kako su građevinski projekti direktno zavisni od načina finansiranja, ovde će biti detaljno objašnjeni načini sagledavanja rizika na građevinskim projektima.

2.2 Analiza i upravljanje rizicima

2.2.1 Uvod

Projekat predstavlja jedinstven i često neponovljiv poduhvat, čija se realizacija u mnogim slučajevima odvija u neizvesnom okruženju i opterećen je velikim brojem rizika, te se njegov ishod ne može uvek predvideti sa potpunom izvesnošću. Iako se termini rizik i neizvesnost često koriste kao sinonimi i naizmenično, oni ne predstavljaju

isti pojam. "Rizik se definiše kao kumulativni efekat verovatnoće neizvesnih događaja koji mogu pozitivno ili negativno da utiču na projektne ciljeve" (Ward J., 2000).

Neizvesnost se odnosi na događaj (neizvestan događaj koji može da utiče na realizaciju projekta), dok se pri razmatranju rizika uključuje i verovatnoća događanja.

Stoga su projekti, kako ističe (Lock D., 2007), poduhvati koji sadrže rizik, pa se ostvarenje njihovih ciljeva može procenjivati sa određenim stepenom verovatnoće. (Koutsoyiannis A., 1982) je primetio da je većina odluka koje kompanija mora da donese jedinstvena, dok se uslovi ekonomskog okruženja neprekidno menjaju. Nemoguće je obezbediti prethodno sagledavanje sličnog događaja na osnovu koga procenjujemo tačne verovatnoće.

Generalno, rizik predstavlja verovatnoću da neki projekat doživi nepovoljni ishod. Najčešće se misli na finansijske efekte, budući da se svi drugi efekti, kao što je rok realizacije, ili loš kvalitet ugrađenog materijala i izvedenih radova, najčešće mogu svesti na te finansijske pokazatelje. Sistem upravljanja rizicima koji je obrađen u ovoj disertaciji je sagledavanje rizika vezano za troškove i vreme realizacije projekta, dok se kvalitet smatra unapred definisanom kategorijom koja je ugovorno definisana i planirana, i od koje se ne sme ni u kojem slučaju odstupiti.

Pre bilo kakvog razmatranja vezano za analizu i upravljanje rizicima biće objašnjeni termini rizik i hazard, jer su vrlo važni za kompletan smisao ove disertacije.

2.2.2 'Rizik' i 'Hazard'

Termini 'rizik' i 'hazard' se često međusobno zamenjuju prilikom korišćenja. Striktno, razlika je u tome što hazard predstavlja štetu ukoliko se nesreća dogodi, dok rizik predstavlja multiplikaciju hazardnog događaja i verovatnoće da se ona dogodi.

Ovde će se detaljno objasniti termin hazard.

Hazard je izvor opasnosti, ekonomski ili planerski gledano to je mogućnost da dođe do nestašice materijala, lokalne radne snage ili neispunjenja rokova usled objektivnih ili subjektivnih uslova okruženja – nepovoljnih vremenskih uslova (niska temperatura, nestašica materijala, nedolazak radnika na posao usled raznih praznika ili sezonskih poslova u poljoprivredi, i slično).

Hazard se najčešće koristi da opiše potencijalnu štetnu situaciju, iako se najčešće ne radi o događaju – kada se incidentna situacija dogodi takvo stanje se klasifikuje kao vanredno stanje ili incident. Ima više modaliteta hazarda, koji uključuju:

- *skriveni* – situacija potencijalno može da bude hazardna, ali niti ljudi, imovina ili okolina nisu trenutno ugroženi. Na primer, kosina je nestabilna, sa mogućnošću klizanja, ali ne postoji nikakav objekat u zoni klizanja koji bi mogao biti ugrožen.
- *potencijalni* – ovo je situacija gde je hazard u poziciji da utiče na ljude, imovinu i okolinu. Tip hazarda najčešće zahteva dalje obrađivanje vezano za rizik.

- *aktivni* – izvesno je da će hazard da proizvede neku štetnu situaciju, i nije moguće sprovesti intervenciju pre nego se dogodi incident.
- *umanjeni* – potencijalni hazard je identifikovan, i sprovedene su akcije u cilju obezbeđenja da ne dođe do incidenta. Ne može se apsolutno garantovati da projekat neće biti ugrožen, tj. izložen riziku, ali moraju da se preduzmu mere da bi se značajnije umanjila opasnost.

Po svojoj prirodi, hazard sadrži potencialne uzroke poremećaja za ljudstvo, objekete i okolinu. Postoji mnogo metoda za klasifikaciju hazarda, koji se generalno baziraju na verovatnoći da se hazard pretvori u nesreću i ozbiljnost samog incidenta kada se dogodi.

Zajednički metod za bodovanje verovatnoće i ozbiljnosti incidenta najčešće se dobija množenjem, kako bi se dobila vrednost za upoređivanje.

$$\text{Rizik} = (\text{verovatnoća da se incident dogodi}) \times (\text{ozbiljnost ako se incident dogodi})$$

Ovaj rezultat može se koristiti da bi se donela odluka da li hazard treba ublažiti nekom korektivnom akcijom. Nizak rezultat verovatnoće da će se desiti može da znači da je hazard skriveni, dok visok rezultat nam govori da se radi o aktivnom hazardu.

Postoji mnogo razloga za hazard, ali se oni grubo mogu podeliti na:

- Prirodni – uključuju sve što je izazvano prirodnim procesima;
- Ljudski faktor – najčešće se odnosi na uticaje koje čovek ima na prirodu, gradilište itd.
- hazardi koji se odnose na aktivnosti, npr. eventualni hazard izazvan aktivnostima na gradilištu.

"Rizik je neizvestan događaj ili stanje koji, ukoliko nastane, može imati pozitivan ili negativan efekat na bar jedan od ciljeva projekta (obim posla, vreme, troškovi, kvalitet itd.). Rizici, dakle, uključuju i dobre i loše stvari koje se mogu dogoditi tokom realizacije projekta" (Popović Ž, 2009).

Rizik je koncept koji označava verovatnoću specifične mogućnosti. Tehnički, stanovište rizika je nezavisno od stanovišta vrednosti, jer mogućnosti mogu da imaju i pozitivne i negativne efekte. Međutim, generalno se fokusiramo na potencijalnim negativnim uticajima, a karakteristične vrednosti se odnose na buduće događaje.

Rizik se može definisati kao pretnja ili verovatnoća da će neka aktivnost ili događaj uticati na projekat tako da se delimično ili u potpunosti ne ostvare unapred postavljeni ciljevi na projektu.

Inženjerski, rizik može da se definiše kao proizvod verovatnoće da se incident dogodi i gubitaka od samog incidenta. Generalno, rizik je proizvod verovatnoće događaja i uticaja od datog događaja.

2.2.3 Opšte o riziku

Pojedine globalne pojave, u okruženju projekta (pojave na tržištu i na samom projektu) direktno utiču na realizaciju i uspeh projekata. Neizvesnost je prisutna u svim fazama projekta, a posebno u početnoj fazi kada još nisu dovoljno jasno definisani ciljevi

projekta i ne postoje sve informacije potrebne za realizaciju projekta. Vrlo često nije moguće eliminirati neizvesnost, tako da se realizacija projekta mora odvijati u takvom okruženju. Najveća neizvesnost građevinskih projekata je u domenu vremena realizacije, ukupnih troškova i kvaliteta izvedenih radova. Građevinski projekti imaju stotine, pa čak i hiljade međuzavisnih aktivnosti, i svaka aktivnost ima probleme troškova, vremena realizacije, kvalitativne i redosleda realizacije. Primećeno je da je sa povećanim zahtevima na projektima u pogledu kvaliteta do izražaja dolazi planerski aspekt, tj. redosled realizacije pojedinih aktivnosti koji direktno utiče na uspešnost projekta. Kako se planiranje sprovodi na osnovu iskustva sa prethodnih projekata i istraživanja predmetnog tržišta, uvek treba imati u vidu promene u okruženju i različite zahteva svakog pojedinog projekta, što zahteva jedinstven pristup planiranju svakog projekta.

U delu vezanom za kontrolu realizacije projekata će biti postavljena pretpostavka da projekat mora da se realizuje u unapred planiranom roku (primer za to su projekti u energetici, industriji, socijalni, infrastrukturni projekti i drugo), tako da će troškovi ostati jedini faktor koji treba optimizovati sa stanovišta rizika.

Teorija rizika je neodvojiva od pojma neizvesnosti. Sredina u kojoj se donose odluke može se tretirati kao:

- izvesna,
- rizična,
- neizvesna.

U građevinarstvu je prvi slučaj izuzetno redak, dok se najčešće nalazimo u poslednja dva slučaja. Iako mnogi autori smatraju da su rizik i neizvesnost sinonimi, postoji bitna razlika između ova dva pojma. Kako se planiranje realizacije građevinskog projekta bazira na istorijskim podacima, i ako imamo sličan realizovani projekat u prošlosti, onda možemo budući projekat planirati na osnovu njega uz sagledavanje i uključivanje rizika za konkretan slučaj. Međutim, ako vrstu projekata koji treba da se realizuje preduzeće nije realizovalo u prošlosti, onda se radi o neizvesnom projektu.

Veliki građevinski projekti su dugotrajni poduhvati izloženi raznim rizicima koji se menjaju tokom životnog ciklusa projekta. Razlog za to je promena ekonomskih uslova uslovljenih merama ekonomske politika, stanje ponude i potražnje na tržištu investicija, stanja ljudskih resursa, i slično. Međutim, nisu samo veliki projekti izloženi riziku, iako je veličina projekta vrlo bitan faktor uz uslove kao što su lokacija, kompleksnost projekta, mogućnosti gradnje na datoj lokaciji, vrsta objekta itd.

Donosioci odluka na građevinskim projektima su okrenuti ka budućnosti, ali većinu informacija prilikom donošenja odluka uzimaju iz prošlosti. Imajući u vidu da je okruženje koje utiče na projekte jako dinamično, vrlo često odluke koje se donose nisu ispravne zbog netačnih informacija kojima su donosioci odluka raspolagali, ili su informacije kojima se raspolaže neadekvatne za dati projekat.

Prilikom donošenja odluka koje treba sprovoditi, faze uključuju strukturisanje problema, procenu neizvesnosti i vrednovanje mogućih izlaza, i određivanje optimalne strategije. Kako na građevinskim projektima učestvuje veliki broj donosioca odluka, čiji su ciljevi često različiti, rizici koji-ma su izloženi su različiti, i odluke koje se donose mogu biti različite, a ponekad i sasvim suprotne. Važno je napomenuti da se sve ovo

dešava na projektu koji uvek ima jedinstven cilj, ali su ciljevi pojedinih učesnika često različiti.

"Učesnici na građevinskom projektu formiraju dve grupe: "upravljače" koji upravljaju realizacijom projekta i "izvršioce" koji izvršavaju niz aktivnosti na objektima koji se grade" (Flanagan R., Norman G., 2003). Ove grupe su heterogene, pri čemu "upravljači" mogu biti predstavnici državnih investitora, razvojna preduzeća i privatni investitori, a "izvršioći" projektanti, konsultanti, generalni izvođači, podizvođači i isporučioći. Pojam rizika za investitore je prvenstveno vezan za donošenje odluke o isplativosti investicije, tj. sagledavanje profila rizika, tj. kako će rizici uticati na povrat investicije. Imajući u vidu da se investitori mogu podeliti u dve grupe i to:

- državni sektor i
- privatni sektor,

a investicije u četiri kategorije:

- objekti za buduću proizvodnju (fabrike, poslovne zgrade, naftna postrojenja);
- infrastruktura;
- socijalne investicije (bolnice, škole, crkve...) i
- investicije za direktno korišćenje (stanogradnja)

rizik se drugačije sagledava prilikom donošenja odluke o investiranju. Generalno, investicije u građevinarstvu koje su usmerene ka izgradnji koja je namenjena plasiranju na tržište su opterećeni velikom broju rizika, dok su ostale investicije izložene znatno manjem broju rizika.

Postoje različiti pokušaji da se ustanovi standardna metodologija za analizu i upravljanje rizicima. Izdvajaju se:

- *Risk Analysis and Management of Project Risks (RAMP)*, predložen od strane *Institution of Civil Engineers (UK)*, *Faculty of Actuaries* i *Institute of Actuaries*
- *Project Risk Analysis and Management (PRAM)*, predložen od strane *Association of Project Managers*

Savremeni pristup analizi i upravljanju rizicima obrađen je kroz RAMP proces (Allport *et al.*, 2005), i ovde će biti ukratko objašnjen. RAMP proces predstavlja savremenu metodologiju koju je moguće primeniti pri realizaciji građevinskih projekata. Ukratko, to je sistemski pristup identifikaciji, obradi i upravljanju rizicima na kapitalnim investicionim projektima. RAMP se sastoji od četiri glavne aktivnosti:

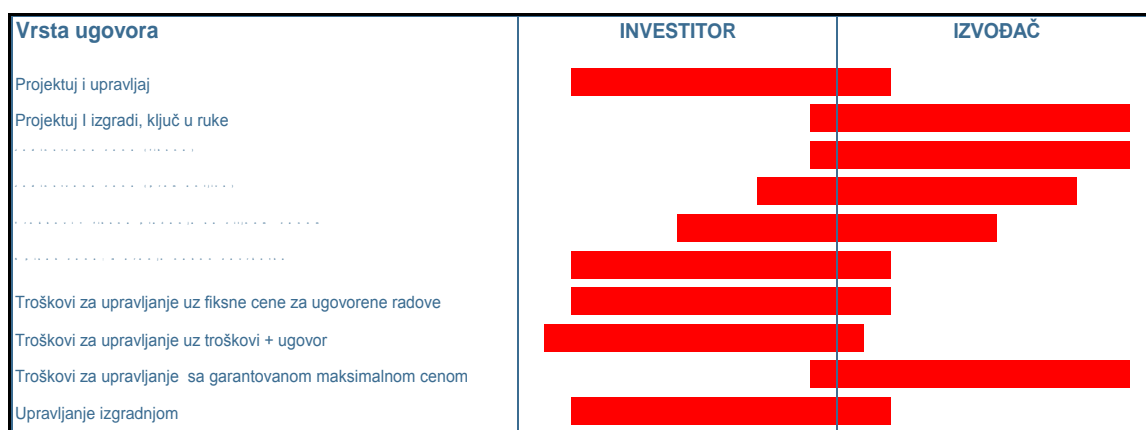
- pokretanje RAMP procesa,
- sagledavanje rizika,
- upravljanje rizicima i
- zatvaranje RAMP procesa.

Potreba za RAMP procesom se javila jer se uvidelo da neke kompanije usvajaju jako nizak stepen povraćaja pri procenjivanju isplativosti projekta, da bi se obezbedila rezerva od štetnih efekata koja pokriva rizike na projektu.

Ova metodologija predviđa četiri odnosa koja treba primeniti prema svakom od rizika:

- smanjenje ili eliminacija,
- transferisanje,
- izbegavanje i
- absorpcija.

Rizici se u potpunosti ne mogu eliminisati, ali se mogu dodeljivati pojedinim učesnicima na projektu koji ih lakše kontrolišu i upravljaju njima. Sagledavajući rizike na projektu bitno je sagledati procese na kojima se oni pojavljuju i učesnike koji su njima ugroženi. Imajući u vidu da su projektovanje i izgradnja standardni procesi na kojima rizik može da se smanji boljim upravljanjem, a generalno od kvaliteta i veličine preduzeća koje je angažovano zavisi i izloženost projekta rizikom, smatra se da se rizik može smanjiti i distribuirati primenom različitih tipova ugovora. Rizikom na građevinskim projektima su najviše izloženi investitori i izvođači radova i na sledećoj slici su prikazani nosioci rizika na različitim tipovima ugovora. Na slici 2.1 se vidi da je distribucija rizika najčešće alocirana ili na investitorima ili na izvođačima radova, što je najčešće i razlog pojave sporova tokom realizacije građevinskih projekata. Na slici je prikazano u kom procentu je zastupljen rizik investitora i izvođača radova u zavisnosti od primenjenog tipa ugovora. Zbog toga savremena praksa upravljanja projektima teži razvijanju partnerskih odnosa, kao modelu kojim se smanjuje rizik pojave sporova na projektima.

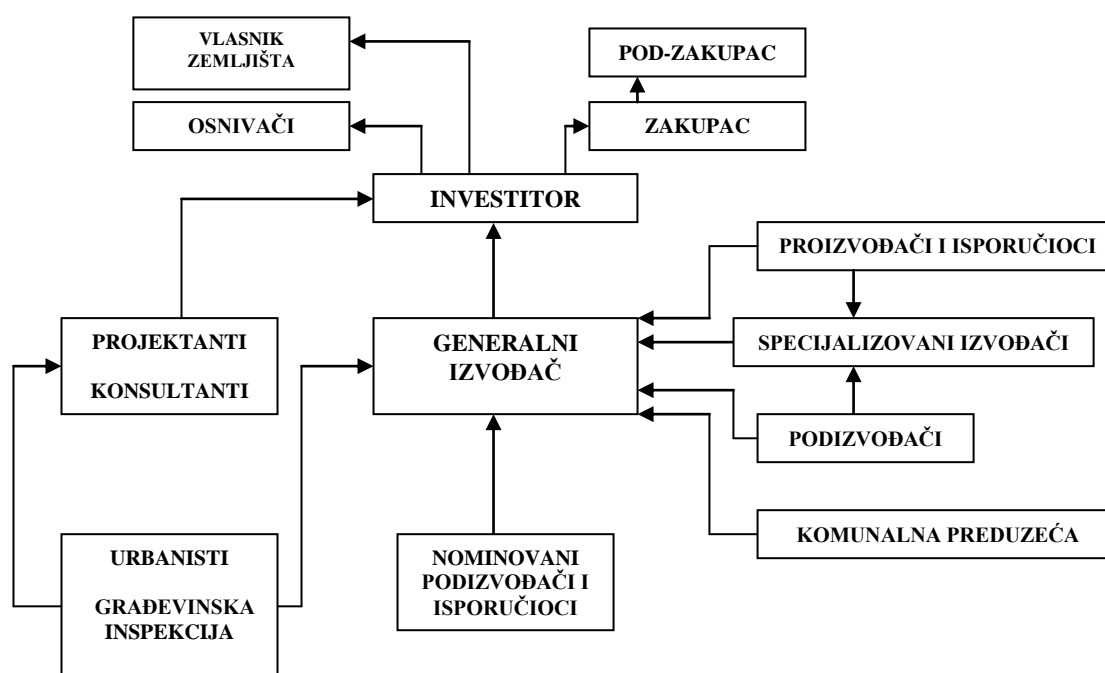


Slika 2.1 *Nosioci rizika na različitim tipovima ugovora (Flanagan R.,Norman G., 2003)*

Osnovni problem građevinskih projekata kao velikih investicija je u tome što učesnici na projektima imaju različite ciljeve, tako da savremeno upravljanje projektima pokušava da približi učesnike na projektu i da približi njihove ciljeve. Većina preduzeća koja se bave upravljanjem projektima je nastalo iz velikih izvođačkih firmi jer se uvidelo da primenom tradicionalnih ugovora dolazi do čestih i dugotrajnih sporova između investitora i izvođača, dok je menadžment pristup smanjio razlike između učesnika na projektu, a rizici su podeljeni između svih učesnika sa zadovoljavajućom proporcijom. Takođe velika građevinska preduzeća su imala velike fiksne troškove koja

su morala da pokrivaju kroz cenu koja je bila uvećana za određeni procenat, i koja je opterećivala investitora. Prelaskom na menadžment preduzeća ona su zadržala bazu znanja i iskustva kao i reference, a smanjili su se fiksni troškovi u njihovom poslovanju koji su opterećivali finansiranje projekata. Trend razvoja preduzeća se danas kreće ka razvoju partnerskih odnosa između investitora i izvođača, čime se još smanjuju troškovi i mogućnost eventualnih sporova.

Na sledećoj šemi (slika 2.2) prikazani su učesnici na projektu izgradnje komercijalnog poslovnog centra (izgradnja koja se plasira na tržištu), kao projekat sa visokim rizikom, sa međusobnim vezama. Ovaj šematski prikaz pokazuje koliko su veze između učesnika na projektu kompleksne, a svaka od tih veza nosi određeni rizik, koji utiče na uspešnost kompletnog projekta. Generalno, za dobru i bržu komunikaciju na projektima je dobro povećati broj veza između učesnika na projektu, ali se sa povećanjem broja veza raste i broj ugovornih odnosa i rizik eventualnih sporova. Za dobru realizaciju potrebno je definisati optimalnu organizacionu strukturu i broj učesnika na projektu, kao i ugovorne odnose, što je i delimično objašnjeno u ovoj disertaciji.



Slika 2.2 Učesnici na projektu i njihove međusobne veze – projekat izgradnje komercijalnog poslovnog centra

2.2.3.1 Pojam verovatnoće

Verovatnoća je važan koncept u obradi rizika, i njeno merenje ima jako dugu istoriju. Ovaj koncept je posebno prisutan u proceni troškova građenja, gde je izlaz fazifikovan, tj. rasplinut, pa imamo slučajeve da možemo predvideti troškove građenja ali sa određenom verovatnoćom. Prema (Moore P.G, Thomas H., 1979) postoje dve glavne

interpretacije verovatnoće. Prva podrazumeva procenu verovatnoće događaja u smislu *relativne frekvencije*. Drugi pristup podrazumeva opseg individualnih verovanja u događanje. Postoji mnogo situacija gde se može sprovesti periodično ponavljanje merenja, i gde se može primeniti koncept relativne frekvencije za procenu verovatnoće događaja (npr. mogu se meriti periodično učinci pojedinih grupa radnika, troškovi, incidenti na gradilištima itd.). Individualne verovatnoće predstavljaju subjektivno sagledavanje na osnovu raspoloživih informacija, i vrlo je čest pristup u građevinarstvu. Ukoliko više procenitelja raspolažu istim informacijama, njihove različite procene treba da dovedu do zajedničkog rezultata.

Teorija verovatnoće obuhvata dva pristupa:

- subjektivna verovatnoća i
- objektivna verovatnoća.

Subjektivna (ili lična) verovatnoća je bazirana na pretpostavci da svi imaju nivo ubeđenja (mišljenja) koji se odnosi na verovatnoću događanja relevantnog za njih i njihovu okolinu, dok je objektivna verovatnoća nastala iz zahteva za racionalnošću i konzistencijom.

Neizvesne situacije se mogu pretvoriti u rizične situacije dodeljivanjem subjektivnih verovatnoća. Ukoliko imamo rizičnu situaciju možemo primenom analize rizika pomoći donosiocima odluka da lakše odlučuju o budućim investicijama, uz korišćenja tehnika donošenja odluka. Cilj tehnike donošenja odluka je mapiranje verovatnoća posledica i finansijskih mogućnosti, sa namerom formiranja tabela koji mogu da obezbede smernice donosiocima odluka.

2.2.4 Podela rizika

Da bi se pravilno upravljalo rizicima oni treba da budu klasifikovani. Jedna od mogućih klasifikacija rizika prema (Edwards L, 1995), koja se može promeniti u građevinskoj industriji je podela na:

- *fizički / materijalni* – gubici usled požara, korozije, eksplozije, strukturalnih defekata, usled rata i dr.
- *konsekvence* – gubitak profita nakon požara, krađa i dr.
- *socijalni* – promene u javnom mnenju, promenjena očekivanja radne snage, veća svest o moralnim načelima (npr. životna sredina) i dr.
- *pravna odgovornost* – društvena odgovornost, ugovorna odgovornost, zakonska odgovornost i dr.
- *politički* – intervencija vlasti, sankcije, akcije inostranih država, inflatorna politika, uvozna/izvozna ograničenja, promene u zakonima i dr.
- *finansijski* – neadekvatna inflatorna predviđanja, nepravilne marketinške odluke, kreditna politika i dr.

- *tehnološki* – povećana upotreba mehanizacije, komunikacije, manipulacija podacima, međusobna zavisnost pojedinih izvođača, metode skladištenja, kontrola magacina i distribucija i dr.

Prema *Defence Systems Management College (DSMC)* (1986) rizici su klasifikovani u 5 kategorija:

- *tehnički* (koji se odnose na realizaciju);
- *programski* (koji se odnose na realizaciju);
- *pomoćni* (koji se odnose na okolinu);
- *troškovni*;
- *vremenski*.

Generalna klasifikacija rizika u građevinskoj industriji može se sprovesti i na sledeći način:

- čist rizik (ponekad se naziva i statički rizik), je rizik koji se formira i raste sa rastom verovatnoće da se desi incident ili tehnički problem;
- spekulativni rizik, predstavlja mogući dobitak ili gubitak koji može biti finansijski, tehnički ili fizički.

Izvori rizika se izražavaju kroz elemente koji mogu imati uticaja na realizaciju projekta, i generalno u praksi na velikim građevinskim projektima se sreću sledeći rizici koji se mogu se klasifikovati u sledeće kategorije. Ovo je iskustvo autora ove disertacije sistematizovano sa realizacije 16 velikih građevinskih projekata.

- opšti rizici;
- politički rizik;
- komercijalni rizik;
- zemljište, tj. vlasništvo nad istim;
- projektovanje;
- infrastruktura;
- ekološki rizici;
- prethodne aktivnosti na gradilištu;
- organizacija građenja;
- nabavke;
- sprovođenje tenderskih procedura i ugovaranje;
- građenje.

Rizike u građevinskoj proizvodnji grubo možemo podeliti na tehničke i komercijalne, i generalno investitori se trude da većinu komercijalnih rizika prebace na izvođače radova. Na ovaj način se stvara rizik eventualnih sporova između investitora i izvođača. "Izvođački rizik je obično u opsegu od 3 do 4 % od vrednosti ugovora, ali varira zbog individualnih rizika gradilišta, načina ugovaranja, u zavisnosti koje rizike nosi investitor, i do kog nivoa je odrađen projekat" (Brook M, 2008).

2.2.5 Upravljanje rizicima

Konvencionalni pristup upravljanju projektima tretira projekat idealistički, tj. spoljašnje uticaje smatra konstantnim veličinama, a procese i učesnike na projektu standardnim kategorijama. Međutim, u dinamičnom okruženju vrlo je teško predvideti na početku potrebne resurse za unapred planiranu realizaciju projekta, tako da je potrebno sprovesti analizu i upravljanje rizicima od samog početka projekta.

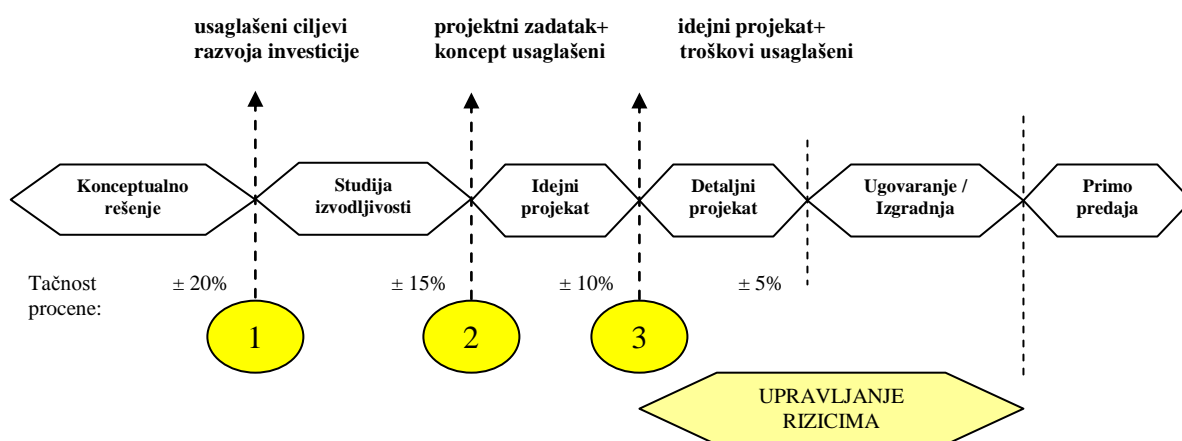
Upravljanje rizicima, prema (Edwards, 1995), je identifikacija, merenje i kontrola većine troškova izazvanih hazardom koji mogu da ugroze život, nekretnine, imovinu i zaradu organizacije.

Rizike na projektu je nemoguće u potpunosti eliminisati i zbog toga je jako važno sprovesti njihovo upravljanje. Analiza rizika je proces čiji je cilj identifikacija i kvantifikovanje svih rizika kojima je projekat izložen, tako da se na osnovu njega mogu doneti odluke kako da se sprovede proces samog upravljanja rizicima. Upravljanje rizicima nije sinonim sa osiguranjem projekta, niti predstavlja zajedničko upravljanje svim rizicima kojima je projekat izložen. U realnosti, tačna vrednost (troškovi celog projekta, radnog paketa itd.) se nalazi negde između ekstremnih gledišta učesnika na projektu (investitora i izvođača). Sistem upravljanja rizicima mora da bude praktičan, realan i efikasan u sagledavanju troškova.

Upravljanje rizicima je proces povezan sa identifikovanjem, analizom, planiranjem, praćenjem, i kontrolom projektnih rizika. U nekim savremenim formama ugovaranja, investitori zahtevaju dostavljanje plana rizika u sklopu tenderske dokumentacije.

Primena intervencija na projektu na osnovu analize rizika treba da bude postepena, i treba da prati procenu troškova, tj. projektovanje na osnovu koga se definiše procena troškova na projektu. Prilikom donošenja odluke o mogućem investiranju u budući projekat treba analizirati i proceniti sve rizike, a takođe i utvrditi sve štetne efekte koji mogu da proizađu tokom realizacije projekta. Prvi pregled rizika treba sprovesti prilikom rada na konceptualnom projektnom rešenju, kada se formira strateški registar rizika i sprovodi strateško upravljanje rizicima. Drugi pregled rizika sprovodi se tokom studije izvodljivosti, uz regularno ažuriranje registra rizika i pravljenje vrlo detaljne i tačne procene troškova. Pregled rizika koji se odnosi na rezerve usled štetnih situacija (*contingencies*) na projektu sprovodi se radi ustanovljavanja rezervi koje se odnose na rizike, a paralelno se razvija i tzv. "troškovno - rizični profil" (procena troškovnih implikacija na projektu za pojedine rizike) za kasnije korišćenje na projektu. Upravljanje rizicima treba sprovesti i tokom rada na detaljnom projektu, i tokom kasnijih faza na projektu.

Na sledećoj šemi je prikazano u kojim fazama projekta treba sprovesti pojedine upravljačke akcije vezane za rizike, a takođe je dat predlog do kog nivoa tačnosti trebaju da budu kalkulirani troškovi po pojedinim fazama razvoja projekta.



Slika 2.3 Procenjivanje i upravljanje rizicima na građevinskim projektima u skladu sa fazama realizacije

Rizike bi trebalo procesuirati kroz sledeće korake:

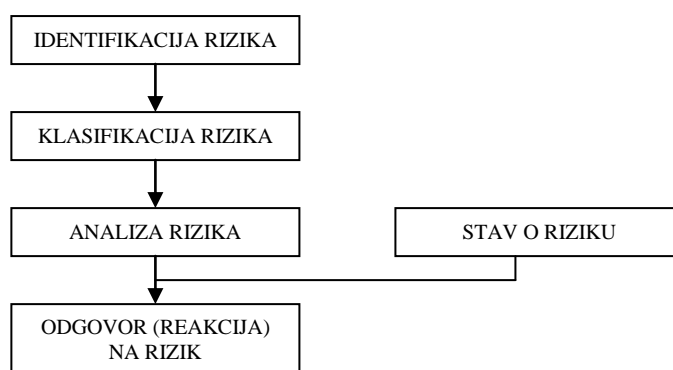
- identifikacija;
- kvalitativna i kvantitativna analiza;
- evolucija;
- alokacija i
- upravljanje.

Američki *Project Management Institute (PMI)* preporučuje proceduru upravljanja rizicima koja se sastoji od sledećih šest koraka (PMI 2004):

- (1) Planiranje sistema upravljanja rizikom;
- (2) Identifikacija rizika;
- (3) Kvalitativna analiza rizika;
- (4) Kvantitativna analiza rizika;
- (5) Planiranje odgovora na rizik i
- (6) Osmatranje i kontrola rizika.

Na početku projekta treba definisati generalne rizike koji prate projekat, a takođe i specifične rizike koji su u početku najčešće vezani za specifičnosti lokacije i zakonodavstvo. Za svaki od navedenih rizika treba formirati jasan opis, koji se prezentuje menadžmentu projekta, a takođe i predložiti akciju za kontrolu i eventualno uklanjanje rizika.

Šema upravljanja rizicima bi mogla da izgleda kao na slici 2.4. Bitna aktivnost prilikom sagledavanja rizika je kako će se donosilac odluke i upravljačka struktura odrediti prema riziku, tj. kakav će biti njihov stav o riziku. Tek nakon ove aktivnosti koja se sprovodi nakon kompletne analize rizika definiše se odgovor na rizik, tj. reakcija koju treba sprovesti u odnosu na uočeni rizik.



Slika 2.4 Šema upravljanja rizicima

2.2.5.1 Identifikacija rizika

Kritičan korak u procesu upravljanja rizicima je identifikacija rizika, koja je organizovan i temeljit pristup traženju realnih rizika koji su povezani sa projektom. U ovom procesu se analiziraju različiti scenariji tj. mogući tokovi realizacije projekta, a rizicima se ne može upravljati sve dok oni u potpunosti nisu identifikovani i opisani na razumljiv način.

Kako je rizičan događaj nešto što može da se dogodi u korist ili na štetu projekta, trebalo bi u fazi identifikacije rizika sagledati prvenstveno događaje koji mogu da imaju štetne efekte na projektu.

Identifikacija rizika je određivanje izvora događaja i efekta rizika. U ovoj fazi je bitno osim identifikacije samog rizika utvrditi da li se radi o kontrolisanom ili nekontrolisanom riziku, i da li je on zavisian ili nezavisian od ostalih rizika na projektu. Ukoliko se radi o zavisnom riziku treba ga klasifikovati u smislu da li je totalno ili delimično zavisian.

2.2.5.2 Kvalifikacija rizika

Kvalifikacija rizika je identifikacioni proces proizvodnje dobro dokumentovanog opisa projektnog rizika. Ova faza predstavlja organizovanje i strukturiranje identifikovanih rizika. Ovaj proces podrazumeva sledeće aktivnosti:

- planiranje rizika kroz vreme;
- šeme nivoa rizika i definicije;
- testiranje pretpostavki;
- modelovanje rizika;
- korišćenje analogija.

2.2.5.3 *Kvantifikacija rizika*

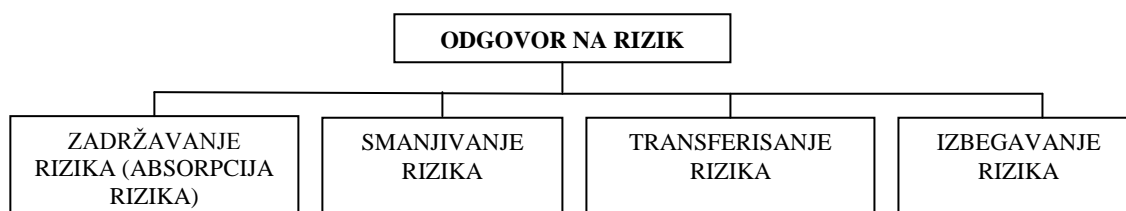
Kvantitativna analiza rizika je pokušaj istraživanja rizika i dodela metričkih vrednosti ukupnom riziku na projektu i pojedinim najvažnijim rizicima. To je utvrđivanje šansi da se ostvare ciljevi projekta, utvrđivanje rezervi na projektu (budžetskih, vremenskih i dr.) i sprovođenje kompletne 'šta-ako' (what-if) analize.

Ovaj proces uključuje informacije sa prethodnih projekata, i statističke podatke koji postoje u okviru građevinskih preduzeća. Alati koji se koriste u ovoj fazi procesuiranja rizika su prema (Flanagan R., Norman G., 2003):

- intervenisanje eksperata;
- stablo odlučivanja;
- PERT pristup;
- simulacije (najpopularnije *Monte Carlo* simulacije).

Glavni cilj sistema upravljanja rizicima je asistiranje menadžmentu u prihvatanju pravih rizika, jer je izbegavanje rizika najčešće na građevinskim projektima teško izvodljivo. U tradicionalnom pristupu podrazumeva se predviđanje cena građenja i trajanje projekta u fazi projektovanja, korišćenjem svih raspoloživih podataka i dobijanjem jedinstvene procenjene vrednosti. Savremeno upravljanje projektima zbog toga forsira primenu menadžment pristupa u realizaciji projekta, jer se kompletan projekat deli na pakete, čime se smanjuje ukupan rizik, ili raspoređuje na više jedinica tj. učesnika ili radnih paketa. Analiza rizika pristupa problemu prepoznavajući neizvesnost koja u najbolju procenu generiše distribuciju verovatnoća i ekspertske ocenjivanje, čime se efekat neizvesnosti na projektu lakše kontroliše.

Odgovor na rizik, odnosno alokacija rizika obuhvata četiri osnovne forme prikazane na sledećoj šemi:



Slika 2.5 *Načini odgovora na pojedini rizik*

Prema (Pritchard C. L., 2001) odgovori na rizik se mogu svrstati u četiri kategorije:

- izbegavanje;
- transferisanje;
- ublažavanje;
- prihvatanje

Na građevinskim projektima najčešće nije moguće kompletno izbegavanje rizika. Pravilno formiranje WBS i OBS strukture na projektima je važno iz razloga mogućnosti transferisanja rizika, na pozicijama i učesnicima na projektima koji bi lakše mogli da upravljaju određenim rizicima. Osim toga upravljačkim akcijama i angažovanjem dodatnih resursa moguće je ublažavanje određenih rizika. Prihvatanje rizika je prihvatljivo samo u slučaju kada je sprovedena kompletna analiza, i kada je moguće sprovesti upravljanje rizikom.

Pravilna alokacija rizika podrazumeva sposobnost absorbovanja rizika, i njegovo upravljanje tokom kompletne realizacije projekta.

Kratak zaključak vezan za upravljanje rizicima koje se odnosi na realizaciju građevinskih projekata bi bio:

- rizici treba da budu identifikovani, klasifikovani i analizirani pre bilo kakve sprovedene akcije;
- identifikovani rizik nije prosto rizik, već problem upravljanja;
- koristiti intuitivni pristup prilikom upravljanja rizicima;
- upravljanje rizicima treba da bude kontinuirani proces od samog početka projekta pa do njegovog zaključenja;
- loše definisana struktura rizika će proizvoditi sve više rizika na projektu tokom njegove realizacije;
- prilikom sagledavanja budućih trendova na projektu treba koristiti i široko i usko sagledavanje rizika;
- uvek treba imati plan rezervi u slučaju da projekat krene lošim scenariom;
- sistem upravljanja rizika treba da bude jednostavan i razumljiv svim učesnicima na projektu.

U nastavku ovog poglavlja ukratko će biti prikazane tehnike za procenjivanje rizika i donošenje odluka na osnovu sagledavanja rizika.

2.2.5.4 Očekivana novčana vrednost (*expected monetary value – EMV*)

Verovatnoća različitih izlaza može se razmotriti sagledavanjem, za svaku od akcija, izlaznih verovatnoća, pri čemu je kriterijum za izbor najbolje akcije najviša verovatnoća. Sa druge strane, moguć je slučaj da je isplativost pojedinih akcija veća iako one nemaju najvišu verovatnoću. Vrlo često, iako slučaj nema najveću verovatnoću da će se dogoditi njegova isplativost je najveća. Rešenje ovog problema je moguće primenom principa očekivane novčane vrednosti (*expected monetary value – EMV*). Prema ovom principu bira se akcija kojom se maksimizira očekivana novčana vrednost, koja je definisana kao suma isplativosti, pomnoženih sa njihovim respektivnim verovatnoćama.

Pre uvođenja moderne teorije kvantifikacije rizika, donošenje odluka o investiranju se baziralo na očekivanoj novčanoj vrednosti (*expected monetary value*) EMV. Očekivana

vrednost pojedinog događaja, tj. projektne aktivnosti je moguća vrednost pomnožena sa mogućom verovatnoćom.

$$EMV = \sum_{i=1}^n p_i x_i \quad (2.1)$$

gde su p_1, p_2, \dots, p_n moguće verovatnoće, a x_1, x_2, \dots, x_n moguće vrednosti. Ovaj način uključivanja rizika je karakterističan za građevinsku proizvodnju, i to najčešće prilikom kalkulisanja troškova. Ovaj način kalkulisanja rizika služi i za brzo donošenje odluke o isplativosti projekta. Ovde će biti dat jedan karakterističan primer iz prakse:

Prilikom kalkulisanja troškova iskopa 20,000 m³, geotehničkim uslovima na lokaciji zaključeno je da su troškovi iskopa (moguće vrednosti) u vrlo suvom zemljištu 3,00 €/m³, suvom 2,50 €/m³, vlažnom 3,50 €/m³ i vrlo vlažnom 4,50 €/m³.

Statistički podaci u poslednjih 10 godina pokazuju da je zemljište bilo vrlo suvo 15% vremena, suvo 25% vremena, vlažno 40% vremena i vrlo vlažno 20% vremena, tj. ovo su vrednosti mogućih verovatnoća.

Korišćenjem EMV dobijamo vrednost očekivane novčane vrednosti EMV od 3,38 €/m³.

Ovde procenitelji tj. specijalisti za kalkulaciju troškova moraju da donesu odluku da li preduzeće treba da preuzme rizik i da u slučaju da je stanje zemljišta neodgovarajuće (tj. da su troškovi iskopa viši od EMV) realizuje radove sa gubicima, ili da se nađe način ugovornog obezbeđenja izvođača radova.

Pod kriterijumom izbora verovatnoća, izbor donosioca odluke je baziran na pravilu:

$$\text{Izbor strategije} = \text{MAX}_i \{ EMV_i \} \quad (2.2)$$

Alternativno može se minimizirati očekivana mogućnost gubitka (*expected opportunity loss* - *EOL*). Zajednička akcija maksimiziranja *EMV* i minimiziranja *EOL* je standardni princip, i ova dva pristupa mogu da se primenjuju kao ekvivalenti. Očekivana novčana vrednost obezbeđuje sistematski pristup kojim sve relevantne informacije koje donosioci odluke imaju vezano za određeni problem dovode u koherentnu poziciju. Dosledno, kriterijum očekivane novčane vrednosti pri izboru vodi ka dugoročnom maksimiziranju profita (ili drugog odgovarajućeg cilja). Ovaj kriterijum je sigurno primenjivati u preduzećima koja imaju veliki broj aktivnih projekata na različitim tržištima.

2.2.5.5 *Matrica odlučivanja*

Vrlo je čest slučaj da na građevinskim projektima treba donositi odluke koja će se ugovorna strategija primeniti, na koji način će se kalkulirati troškovi, koja će se tehnologija primeniti, da li treba investirati u novu opremu itd. Matrica odlučivanja je alat kojim se na jedinstven način primenom osnovnih jednačina teorije verovatnoće dolazi do optimalnog rešenja, uz sagledavanje rizika svakog od pojedinačnih rešenja.

Ako imamo više strategija (S_1, S_2, \dots, S_n) koje mogu da budu vezane za primenu nove tehnologije, kalkulisanje troškova itd., mora se unapred znati (ili pretpostaviti) koliko pojedina tehnologija može uticati na profit projekta ili poslovanje kompletnog preduzeća.

Zatim se sagledaju konsultantska predviđanja kretanja tržišta u budućnosti, i kretanje profita u zavisnosti od kretanja tržišta.

strategija	kretanja tržišta		
	<i>rast (%)</i>	<i>stabilno</i>	<i>pad (%)</i>
	P_1	P_2	P_3
S_1	P_{11}	P_{21}	P_{31}
S_2	P_{12}	P_{22}	P_{23}
.	.	.	.
.	.	.	.
S_n	P_{1n}	P_{2n}	P_{3n}

P_{ij} ($i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, 3$) ($i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, 3$) predstavlja profit za strategiju S_i i stanje na tržištu j .

Verovatnoća da će se desiti pojedina kretanja na tržištu takođe moraju da budu procenjena:

kretanja tržišta	verovatnoća
rast (%)	P_1
stabilno	P_2
pad (%)	P_3

Za svaku od predviđenih strategija S_i treba izračunati očekivanu novčanu vrednost, i ukupnu vrednost kao sumu pojedinih očekivanih vrednosti za pojedine verovatnoće:

$$EMV_i = \sum_{j=1}^3 P_{ij} p_j$$

tržište	profit	x	verovatnoća	= očekivana novčana vrednost (EMV)
rast (%)	P_{11}		p_1	EMV_{11}
stabilno	P_{21}		p_2	EMV_{21}
pad (%)	P_{31}		p_3	EMV_{31}

ukupna očekivana vrednost
$$EMV = \sum_{i=1}^n EMV_i = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^3 P_{ij} p_j \quad (2.3)$$

Ovakav proračun treba sprovesti za sve predložene strategije, čime dobijamo očekivane novčane vrednosti za sve strategije $EMV_1, EMV_2, \dots, EMV_n$. Strategija sa najvećom očekivanom novčanom vrednošću treba da bude najpovoljnije rešenje. Međutim, još neke parametre treba razmotriti pre donošenje konačne odluke. Promenljivost povraćaja je važan parametar i može da se uzme kao parametar za merenje nivoa rizika. Nivo rizika se može odrediti i merenjem standardne devijacije.

profit	EMV	devijacija (D)	D ²	verovatnoća	ukupno
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
P_{ij}	EMV_i	(1) – (2)	(3) ²	p_i	(4)x(5)
			Varijansa (V)		$\sum (6)$
			Standardna devijacija		$\sigma = \sqrt{V}$

Na osnovu dve informacije (očekivane novčane vrednosti i standardne devijacije), gde viša vrednost očekivane novčane vrednosti ima tendenciju da poveća vrednost standardne devijacije, može se uvesti *koeficijent varijacije* koji predstavlja proporcionalnu devijaciju, tj. količnik standardne devijacije i očekivane vrednosti - EMV.

$$v = \frac{\sigma}{EMV} \quad (2.4)$$

Ukoliko strategija sa najvećom očekivanom vrednošću ima i najveći koeficijent varijacije to znači da je to najrizičnija strategija i donosilac odluke treba da odluči na osnovu subjektivne procene koju strategiju treba primeniti.

2.2.5.6 *Stablo odlučivanja*

Pojam rizika je najčešće povezan sa donošenjem odluka, tj. kada treba doneti odluku između više ponuđenih mogućnosti, koje se grafički mogu prikazati kroz stablo odlučivanja. Primenjivost stabla odlučivanja je u tome što svaka grana stabla predstavlja rutu kojom donosilac odluke treba da se rukovodi. Stablom odlučivanja se veliki i kompleksni problemi prilikom donošenja odluke razbijaju na manje probleme koji mogu da budu rešeni posebno, a zatim kombinovanjem mogu da obezbede rešenje većeg problema. Praktično, dekompozicijom koncept stabla odlučivanja može da pomogne da se smanji početna konfuzija donosioca odluke, gde se donosi odluka na osnovu više mogućih strategija. Većina problema odlučivanja, uključujući i one koje se sreću u građevinskoj industriji imaju strukturu koja se može definisati. Usvajanjem analitičkog pristupa kao što je stablo odlučivanja, donosilac odluke je primoran da prepozna prisustvo određenih bazičnih elemenata u strukturi.

Stablo odlučivanja kao analiza zahteva merenje vrednosti svake moguće strategije. Kriterijum izbora može da bude očekivana novčana vrednost (EMV_i), a da bi se ona primenila treba da se razmotri svaka moguća opcija. Donosilac odluke treba da pridruži svakom rezultatu određenu verovatnoću, pri čemu je to najčešće gruba procena, ali je stablo odlučivanja strukturalni pristup strategiji odlučivanja.

Stablo odlučivanja se intenzivno koristi u upravljačkom donošenju odluka i trebalo bi da bude prisutno prilikom odlučivanja u građevinskoj industriji, posebno prilikom donošenja odluka o uvođenju novih tehnologija, primeni pojedinih vrsta ugovora, nastupu na novim tržištima itd., jer poslovanje građevinskog preduzeća direktno zavisi od uvođenja i primene savremenih tehnologija, koje zavisi od kretanja na tržištu, tj. od investicija.

U daljem tekstu će biti objašnjena dva klasična problema sa kojim se sreću građevinska preduzeća, prilikom donošenja odluke o uvođenju nove tehnologije u preduzeće i slučaj kada generelni izvođač treba da odlučuje koji od projekata da realizuje.

Za tri moguće strategije data su predviđanja zarada u zavisnosti od kretanja na tržištu (kao i verovatnoće da te se određeni slučaj dogodi). (Moore P.G. and Thomas H., 1979)

Primer 1- donošenje odluke o uvođenju nove tehnologije

<i>Prihodi i verovatnoće</i>	<i>zahtevi (verovatnoća u zgradama)</i>	
	<i>5 % pad</i>	<i>15 % rast</i>
	<i>(0,4)</i>	<i>(0,6)</i>
<i>nova oprema (S₁)</i>	130	220
<i>prekovremeni rad (S₂)</i>	150	210
<i>postojeći režim rada (S₃)</i>	150	170

Primenom očekivane novčane vrednosti razmatra se svaka od strategija, gde je p verovatnoća u slučaju da se na građevinskom tržištu dogodi rast:

$$\begin{array}{ll} S_1 & 90p + 130 \\ S_2 & 60p + 150 \\ S_3 & 20p + 150 \end{array}$$

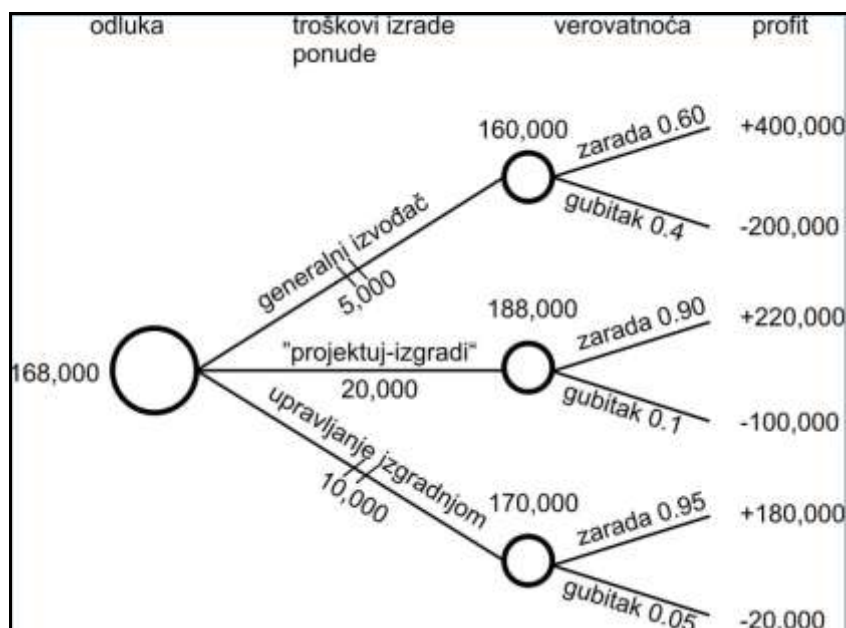
Jasno se vidi da je strategija S_2 dominantna u odnosu na strategiju S_3 , tako da treba uporediti strategije S_1 i S_2 , a da bi S_1 bila najbolja strategija treba da zadovolji sledeću nejednačinu:

$$90p + 130 > 60p + 150 \quad \text{ili} \quad p > \frac{2}{3}$$

Ukoliko je $p < \frac{2}{3}$ tada je S_2 najbolja strategija. Pošto je verovatnoća $p \sim \frac{2}{3}$ predložene odluke su relativno neosetljive na male promene verovatnoća dodeljenim dvema mogućim nivoima zahteva.

Primer 2 - donošenje odluke o ugovoru koji treba realizovati

Vrlo je čest slučaj da izvođač građevinskih radova ima kapacitet za realizaciju samo jednog od više projekata koji su spremni za realizaciju, tj. projekata koje je moguće realizovati. U sledećem primeru generalni izvođač ima tri mogućnosti prilikom učestvovanja na tenderu, pri čemu ima resurse za realizaciju samo jednog projekta i mora da izabere najprofitabilniju opciju. Stablo odlučivanja prikazuje moguće opcije, sa vrednostima procenjenih profita i gubitaka, sa dodeljenim verovatnoćama, i troškove izrade ponuda.



Slika 2.6 Stablo odlučivanja o angažovanju izvođačkog preduzeća na određenom ugovoru

Tabela 2.1 Proračun na osnovu stabla odlučivanja

P_j	P_{ij}	$EMV_i = \sum_{j=1}^3 P_{ij} p_j$	$EMV = \sum_{i=1}^n EMV_i = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^3 P_{ij} p_j$	T_j	$S_j = EMV - T_j$
0.60	400000.00	240000.00			
0.40	-200000.00	-80000.00	160000.00	5000.00	155000.00
0.90	220000.00	198000.00			
0.10	-100000.00	-10000.00	188000.00	20000.00	168000.00
0.95	180000.00	171000.00			
0.05	-20000.00	-1000.00	170000.00	10000.00	160000.00

Korišćenjem očekivane novčane vrednosti (EMV) identifikuje se projekat sa najvećom neto EMV, što je u ovom slučaju projekat po sistemu "projektuj - izgradi". Proračun je pokazan u tabeli 2.1.

2.2.5.7 Analiza osetljivosti

Analiza osetljivosti je deterministička tehnika modelovanja koja se koristi za testiranje uticaja promena vrednosti nezavisnih promenljivih na zavisne promenljive. Cilj ove metode nije kvantifikacija rizika već identifikacija faktora koji su osetljivi na rizik, npr. šta se dešava sa troškovima građenja ukoliko se dogodi inflacija u toku građenja ili ukoliko treba drastično smanjiti vreme građenja.

Analiza osetljivosti omogućuje testiranje koje komponente (delovi) projekta imaju najveći uticaj na rezultete, tako da se sužava opseg promenljivih koje treba razmatrati. Tehnika se široko primenjuje zbog jednostavnosti i mogućnosti usmerenja ka određenim procenama.

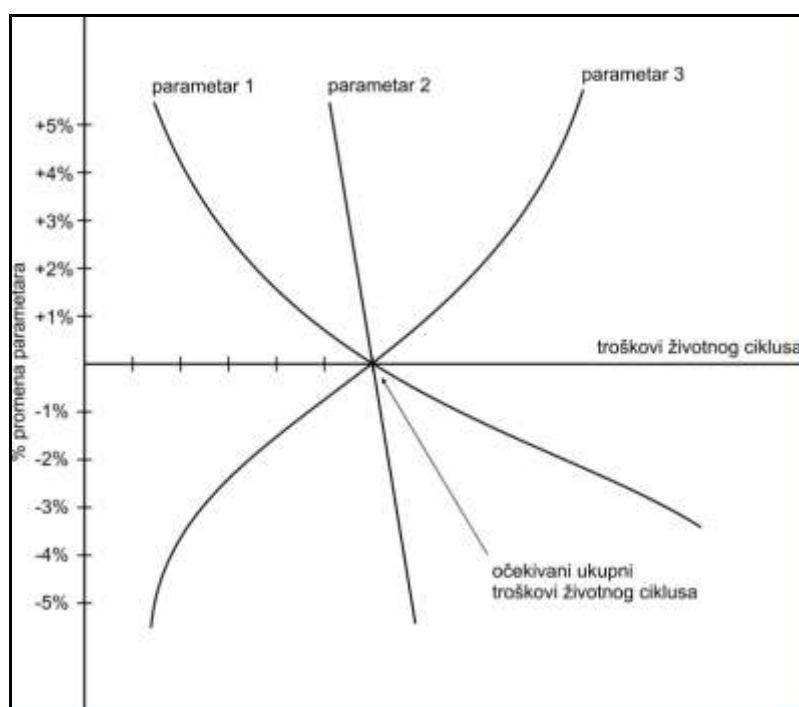
Ova metoda se najčešće koristi pri analizi troškova životnog ciklusa, mada je ovakav pristup primenljiv za širok spektar aktivnosti. Analiza osetljivosti je interaktivni proces kojim se prikazuju efekti promena pojedinih troškova na troškove životnog ciklusa projekta.

"Paukov dijagram" (*Spider diagram*) (Flanagan R., Norman G., 2003) je efikasan način grafičkog prikazivanja analize osetljivosti. Koraci u prikazivanju su:

- 1) izvršiti proračun troškova očekivanog ukupnog životnog ciklusa korišćenjem očekivane novčane vrednosti;
- 2) identifikovati promenljive koji su izložene riziku korišćenjem pristupa "stablo odlučivanja";
- 3) odrediti promenljivu rizika, koja se može nazvati 'parametar 1', i ponovo proračunati ukupne troškove životnog ciklusa projekta korišćenjem različitih pretpostavki vezane za vrednost tog parametra (npr. za vrednost inflacije od 0, 5 i 10 %)

- 4) skicirati rezultujuće troškove životnog ciklusa na "paukovom dijagramu", interpolacijom vrednosti.
- 5) Ponoviti postupak za ostale vrednosti izložene riziku.

Svaka linija (kriva) za određeni parametar na "paukovom dijagramu" predstavlja uticaj na troškove životnog ciklusa uz promene određenog parametra u odnosu na unapred određenu vrednost. Što je linija položajija, to je osetljivost na promenu parametra troškova životnog ciklusa veća. Takođe je važno utvrditi da li su ove zavisnosti linearne, npr. da li postoji linearna zavisnost između procentualne promene troškova građenja i promene očekivane vrednosti za troškove životnog ciklusa projekta.



Slika 2.7 "Spider"-ov dijagram

2.2.5.8 Bajesova (Bayesian) teorija

Primenom Bayes-ove teoreme može se utvrditi osetljivost odluka. *Thomas Bayes* je bio *Presbyterian* ministar sredinom 18-tog veka, ali je njegova doktrina šansi postala značajan fenomen tek u 20-tom veku. Bajes je razvio teoriju vezanu za prethodnu i naknadnu verovatnoću, smatrajući da prethodne verovatnoće mogu biti revidovane u svetlu dodatnih informacija formirajući naknadne verovatnoće, tako da se Bajesova teorija koristi za uključivanje novih informacija u analizu. Bajesova teorema se koristi u cilju uključivanja informacija radi popravljavanja prethodnih verovatnoća. Ovo je primenljiva teorija na građevinskim projektima koji su tokom realizacije izloženi

promenama (ili u okruženju ili u samom procesu realizacije), tako da se menjaju verovatnoće određenih događaja.

Može se pretpostaviti da ima r događaja E_i ($i = 1, 2, \dots, r$) koji jedan drugog isključuju, sa prethodnim verovatnoćama $P(E_i)$. Ako se pretpostavi da postoji događaj F^k i da su verovatnoće F^k da se događaj E_i dogodi je $P(F^k / E_i)$. Tada je verovatnoća da će se E_i dogoditi ako se zna da se F^k dogodio je data kroz sledeću jednačinu:

$$P(E_j / F^k) = \frac{P(E_j) \times P(F^k / E_j)}{\sum \{P(E_i) \times P(F^k / E_i)\}} \quad (2.5)$$

Ako postoji i međusobno nezavisnih događaja E_i ($i = 1, 2, \dots, r$), događaj F može da se dogodi samo ako se jedan od tih r događaja desi, i verovatnoća da se E_j desi kada se zna da se F dogodio je:

$$P(E_j / F) = \frac{P(E_j) \times P(F / E_j)}{\sum \{P(E_i) \times P(F / E_i)\}} \quad (2.6)$$

$P(E_i)$ = prethodna verovatnoća događaja E_i

$P(F^k / E_j)$ = uslovljena verovatnoća izlaza F^k data kada se E_j dogodio.

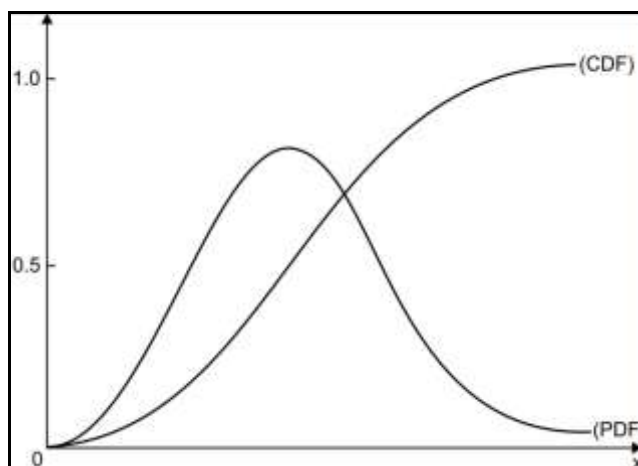
$P(E_i / F^k)$ = naknadna verovatnoća događaja E_j data kada se F^k dogodio.

2.2.5.9 Distribucija verovatnoća

Fraza "kontinuirani događaj" i "neizvesna veličina" se koriste naizmenično, i misli se o veličinama koje se nalaze u specificiranom kontinumu, a odličan primer za to su troškovi građevinskog projekta koji se nalaze u nekom opsegu koji je moguće proceniti sa manjom ili većom tačnošću. Procenjivanje troškova na osnovu predmera radova (*bill of quantities*) predstavlja procenjivanje velikog broja neizvesnih veličina, a generalno je mnogo lakše procenjivanje kontinuiranih distribucija verovatnoća, ili u formi funkcije gustine verovatnoća (*probability density function – PDF*), ili kao kumulativna funkcija gustina (*cumulative density function – CDF*). Na slici 2.8 prikazan je odnos ove dve veličine, i to na dijagramu gde je su na apcisi nanete vrednosti kontinualne veličine neizvesnosti, dok su na ordinati nanete veličine gustine verovatnoće ili kumulativne verovatnoće.

Kroz *CDF* metodu na horizontalnoj osi prikazuje se vrednost neizvesne veličine X , dok je na vertikalnoj osi data verovatnoća da li je tačna veličina X ili manja, tj. distribucija predstavlja verovatnoću da je tačna vrednost u opsegu do veličine X , gde se veličina X nalazi duž horizontalne ose. Na ovaj način se očitavaju veličine kao što je medijan, tj. 50% distribucije, koji se obeležava X_{50} . Ovakva kriva se dobija iz seta diskretnih tačaka, koje se dobijaju opažanjem, ekspertskim zaključivanjem, statistički itd. Nagib *CDF* krive varira u zavisnosti od raspoloživih informacija, tehničkog znanja procenitelja i

sposobnosti obrade informacije. Generalno, ukoliko su informacije kojima se raspolaže tačnije, dobija se kriva sa većim nagibom.



Slika 2.8 Gustina verovatnoće u odnosu na kumulativnu verovatnoću

Prilikom procenjivanja funkcije gustine verovatnoće procenitelji obično odrede nekoliko tačaka i provuku glatku krivu u okolini tih tačaka. Oblik tako dobijene krive može da se aproksimira sa standardnim matematičkim distribucijama. Najčešći pristup je metod relativnih visina, gde procenitelj prvo specificira najverovatniji, ili modal, vrednost neizvesne veličine od interesa, a zatim procenjuje verovatnoće ostalih veličina relativno od modalne veličine.

Glavna indirektna metoda za procenu kontinuiranih (PDF) distribucija verovatnoće zahteva od procenitelja da uradi procenu parametara (npr. srednja i standardna devijacija) nekih unapred definisanih formi statističkih distribucija (npr. normalna, eksponencijalna itd.) Tako bi se od procenitelja očekivalo da proceni srednju i standardnu devijaciju potreba za izgradnjom u narednom periodu, i matematičku formu PDF. Za ovakav način procenjivanja zahteva se poznavanje statističkih teorija distribucije. Iako je vrlo teško sprovoditi direktne procene distribucije, indirektni pristup zahteva grube pretpostavke koje je teško objasniti proceniteljima sa ograničenim znanjem iz statistike, pa je ovaj pristup ograničeno primenljiv.

Glavni problem nastaje kada se želi razviti PDF ili CDF iz grupe donosilaca odluka, tj. na osnovu grupne procene. Iako problemi koji su razmatrani se odnose na procenu verovatnoće za kontinuirane događaje, princip može da se primeni i na diskretne događaje. Ovaj problem je zajednički objašnjen kao problem koncenzusa za subjektivno merenje verovatnoće, i svodi se na sakupljanje serije individualnih procena verovatnoće koje mogu da se predstavljaju kao linearna kombinacije sa eventualnim težinskim koeficijentima koji služe kao gradacija samih procena.

Alternativni pristup su *Delphi* tehnike, koje su u biti tehnološke tehnike procene, gde se koncenzus postiže kroz kontrolisanu povratnu spregu informacija. Odluke o investiranju su subjektivne odluke bazirane na iskustvu i način da se one donesu efikasno je ova tehnika. Uloga upravljanja rizicima je da bude prihvatljiva i objektivna smernica pri

donošenju odluka pre nego prosto obezbeđivanje informacija višem menadžmentu o tome koji subjekti i aktivnosti na projektu nose najviši nivo rizika.

2.2.5.10 *Monte Carlo simulacije*

Tehnike simuliranja se intenzivno koriste u industriji, pa i u građevinarstvu, npr. kako različiti vremenski uslovi utiču na dinamiku građenja, simulacija uticaja kretanja tržišta na troškove građevinskog projekta itd. Simulacija je uz to i metod za analizu rizika i to se bazično može smatrati i kao statistički eksperiment. *Monte Carlo* analiza je forma stohastičke simulacije. Ona se naziva *Monte Carlo* jer koristi slučajne brojeve za selektovanje izlaza. *Monte Carlo* simulacija zahteva niz slučajnih brojeva koji treba da budu generisani za korišćenje u testiranju različitih mogućnosti.

Analiza verovatnoća je moćan alat za istraživanje problema koji nemaju jedinstveno rešenje. Stohastička simulacija u formi *Monte Carlo* simulacija je najjednostavnija forma analize verovatnoća.

Prilikom planiranja i procenjivanja troškova na projektu, on se najčešće razbija na aktivnosti ili pakete, i vrednosti koje im se dodeljuju su najčešće između "optimističkih" i "pesimističkih", neka vrednost koja je najverovatnija. Te vrednosti su ustvari maksimalne vrednosti distribucija. Ukoliko je potrebno tačnije procenjivanje uključuje se i rezerva od štetnih efekata (*contingency sum*) koja pokriva nepoznanice na projektu, tj. rizike. Te neodređenosti su rasplinite (fuzzy) vrednosti, a ne precizne. U determinističkoj analizi jedinstvena procena proizvodi i jedinstveni ukupni rezultat.

2.2.5.11 *Teorija korisnosti*

Preduzeća koja učestvuju na građevinskim projektima na različit način posmatraju korisnost sopstvene proizvodnje, gde korisnost znači zadovoljstvo koju donosilac odluke ima od očekivane zarade na projektu. Očekivana novčana vrednost nije jedini kriterijum koji se može koristiti za izbor optimalne strategije. Tako, preduzeća koja ne teže da kao kriterijum prilikom donošenja odluka koriste prosečnost (tj. da koriste očekivanu novčanu vrednost *EMV*), treba da koriste kriterijum maksimalne očekivane korisnosti.

Iako je očekivana teorija korisnosti prvi put formulisana pre više od 200 godina, njena značaj je sagledan tek savremenim pristupom donošenju odluka. Značajan iskorak je napravio mladi Britanski logičar *Frank Ramsey*, u radu koji je objavljen posthumno 1931. godine, a kasnije su *John von Neumann* i *Oskar Morgenstern* u njihovom radu koji je objavljen 1944. godina obradili ovaj problem pomoću teorije igara. Oni su uspeali da objasne opravdanost korišćenja očekivane korisnosti za opisivanje izbora pod uslovima neizvesnosti.

U građevinskoj industriji, kao i u mnogim drugim poslovanjima, bitno je uočiti pojmove direktnog prioriteta (*direct preferences*) i odnosa prema riziku (*risk attitude*), koji najviše utiču na odnos samog preduzeća i donosioca odluke prema riziku. Bilo koja teorija ponašanja prilikom izbora mora da opiše i direktne prioritete i odnos prema

riziku, a korisnost je najprihvatljivija teorija i kriterijum prilikom izbora. Funkcija korisnosti je pridruživanje realnog seta brojeva sa setom izlaza, tj. zamena novčanih iznosa sa korisnošću, korišćenjem očekivane vrednosti korisnosti (*expected utility value* – *EUV*).

Funkcija korisnosti je definisana izlazima sa sledećim svojstvima:

- (i) svaki pojedini izlaz je definisan sa jedinstvenim brojem;
- (ii) izlazi su rangirani prema prioritetu tim jedinstvenim brojevima;
- (iii) optimalna strategija odlučivanja je maksimizacija očekivane korisnosti.

Funkcija korisnosti ne obezbeđuje ocenjivanje u apsolutnim vrednostima. Izlazi su međusobno relativno vrednovani, ako je skala vrednovanja U , funkcija korisnosti se linearno menja u novu ska-lu V korišćenjem sledeće formule:

$$V(X) = rU(X) + s \quad (2.7)$$

za sve izlaze X (r i s su konstante, dok je $r > 0$).

Ovde će biti prikazan jedan praktičan primer kako bi se što jasnije prikazao ovaj pristup.

Primer

Vrlo često imamo slučaj da izvođačko građevinsko preduzeće ima kapacitet za realizaciju samo dela raspoloživih projekata. U sledećem primeru treba doneti odluku koji od dva ponuđena ugovora K i L je korisniji u smislu isplativosti, gde svaki od ugovora ima samo tri moguća rezultata (očekivani profit). Verovatnoće i rezultati su dati u sledećoj tabeli:

<i>ugovor K</i>		<i>ugovor L</i>	
<i>verovatnoća</i>	<i>rezultat</i>	<i>verovatnoća</i>	<i>rezultat</i>
0,6	+80,000	0,5	+50,000
0,1	+10,000	0,3	+30,000
0,3	-30,000	0,2	-10,000

Ako primenimo *EMV* (očekivana novčana vrednost) pristup, odgovarajući proračuni su:

$$EMV(K) = 0,6 \times 80,000 + 0,1 \times 10,000 + 0,3 \times (-30,000) = 40,000$$

$$EMV(L) = 0,5 \times 50,000 + 0,3 \times 30,000 + 0,2 \times (-10,000) = 32,000$$

Ukoliko bi se primenio ovaj kriterijum ugovor K bi bio prihvatljiviji. Međutim, ugovor K pokazuje da postoji velika verovatnoća (30%) da se napravi veliki gubitak (30,000), dok na ugovoru L postoji manja verovatnoća (20%) da se napravi manji gubitak

(10,000), tako da je analiza korišćenjem očekivane vrednosti korisnosti (EUV) nije odgovarajuća za analiziranje ovog problema.

U ovom slučaju imamo sedam rezultata, koji u opadajućem nizu izgledaju: +80,000, +50,000, +30,000, +10,000, 0, -10,000, -30,000. Pošto je skala funkcije korisnosti izolovana, analiza definiše korisnosti

$$U(+80,000) = 100 \quad \text{i} \quad U(-30,000) = 0$$

a za ostale vrednosti se može odrediti korisnost na više različitih načina. U literaturi (Moore P.G, 1975) objašnjena su tri načina za analizu pojedinih korisnosti, koje se svode na procenjivanju korisnosti pojedinih međurezultata. Najprihvatljivija metoda je procenjivanje rezultata koji se postiže sa 50%-nom verovatnoćom između dva posmatrana rezultata. Npr, ako postavimo pitanje koji rezultat bi bio ekvivalentan 50:50 šansi između rezultata +80,000 i -30,000, mogao bi da se dobije odgovor +10,000. Na isti način +25,000 bi mogao da bude rezultat između posmatranih rezultata +80,000 i +10,000.

Na taj način dobijaju se sledeće vrednosti korisnosti:

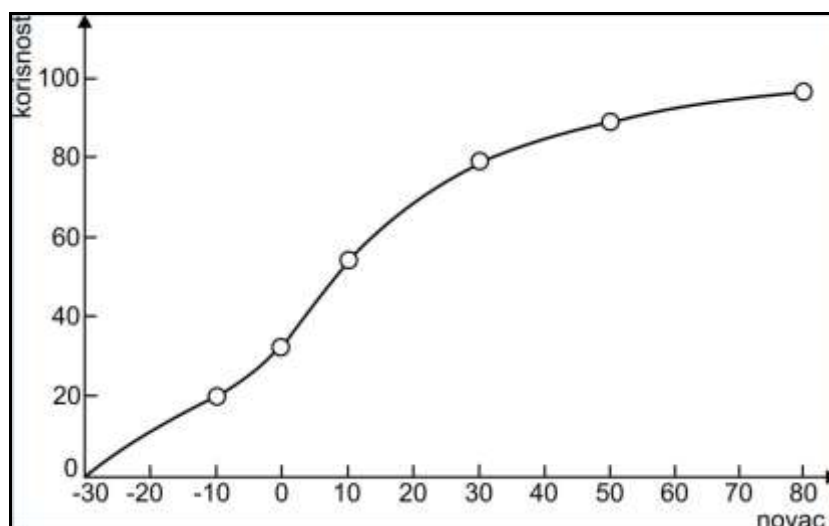
$$U(+80,000) = 100 \quad U(-30,000) = 0 \quad U(+10,000) = 50 \quad U(+25,000) = 75$$

a za vrednosti rezultata iz tabele dobijaju se sledeće korisnosti:

$$U(+80,000) = 100 \quad U(+50,000) = 90 \quad U(+30,000) = 80 \quad U(+10,000) = 50$$

$$U(0) = 30 \quad U(-10,000) = 20 \quad U(-30,000) = 0$$

Ove vrednosti mogu da se nanesu na dijagram i da se dobije kriva korisnosti donosioca odluke.



Slika 2.9 Kriva korisnosti na osnovu koje donosioci odluka odlučuju (Moore P.G., Thomas H., 1975)

$$EUV(\text{ugovor K}) = 0,6 \times 100 + 0,1 \times 50 + 0,3 \times 0 = 65$$

$$EUUV (\text{ugovor L}) = 0,5 \times 90 + 0,3 \times 80 + 0,2 \times 20 = 73$$

$$EUUV (\text{niti ugovor K ni L}) = 30$$

Tako da primenom analize korisnosti preporuka je da se prihvati ugovor *L*, pre nego ugovor *K* koji je bio prihvatljiviji primenom analize zarađene vrednosti - *EMV* pristupa.

2.2.6 Alati i tehnike za upravljenje rizicima

Upravljanje rizicima je jedan aspekt nauke o upravljanju. Postoje dve široke kategorije tehnika u nauci o upravljanju: determinističke i probabilističke ili stohastičke. Upravljanjem rizicima se najčešće bave donosioci odluka, i najveći broj njih se koncentrišu na jedinstvene vrednosti izlaza (profit, troškovi, rokovi itd.), koji se dobijaju procenom iz više promenljivih. Donosioci odluka mogu biti u poziciji da kontrolišu neizvesnosti na projektu, ali u svakom slučaju treba da budu u poziciji da naprave kvantitativnu procenu rizika uključenih u bilo koju procenu.

Tehnike prilikom odlučivanja mogu se podeliti na (Norman G., 2003):

- premija rizika;
- korigovana diskontna stopa;
- subjektivna verovatnoća;
- analiza odlučivanja;
 - o algoritmi;
 - o analiza namera (means-end analysis);
 - o matrica odlučivanja;
 - o Bajesova (Bayesian) teorija;
- analiza osetljivosti;
- *Monte Carlo* simulacije;
- portfolio teorija;
- stohastička dominacija.

Postoji veliki broj različitih metoda i tehnika koje se mogu koristiti za analizu rizika i to su:

- (1) mrežna analiza;
- (2) analiza troškova životnog ciklusa projekta;
- (3) analiza očekivanog uticaja rizika;
- (4) analiza verovatnoće;
- (5) simulacija;
- (6) tehnika stabla odlučivanja;
- (7) "delfi" tehnika;

(8) analiza troškova ukupnog rizika.

U analizi rizika se formuliše matematički model koji kvantifikuje na koji način veliki broj varijabli utiče na izlaz, tj. na rezultat samog projekta. Tehnike za kvantifikovanje rizika mogu se podeliti na (Maylor H., 2005):

- očekivana vrednost;
- analiza osetljivosti;
- *Monte Carlo* simulacije;
- Analiza loših efekata;
- PERT metoda

Većina ovih tehnika se koriste prvenstveno prilikom donošenja odluke o investiranju, tako da će ovde biti objašnjene samo neke bitne tehnike koje se mogu primeniti za donošenje odluka na građevinskim projektima.

Pre objašnjenja vezanog za upravljanje rizicima u građevinarstvu treba poći od pretpostavke da postoje tri osnovna parametra koja utiču na uspešnost svakog projekta: troškovi, trajanje i kvalitet. Promenom bilo kojeg od ova tri parametra neminovno dolazi do promene i jednog ili oba preostala parametra. Ako se ove tri vrednosti prikažu u koordinatnom sistemu dobija se površ koja predstavlja moguće vrednosti u kojima se realizuje projekat, i prikazana je na slici 2.21.

Generalno, u toku realizacije projekta rukovodeća lica na projekta zanima uticaj rizika na budžet i rokove tj. trajanje projekta. Međutim, u toku same realizacije je bitno evidentirati još jedan važan rizik, a to je rizik koji se odnosi na kvalitet radova, odnosno na kvalitet ugrađenog materijala i postupak ugradnje i tehnološki redosled. Rizik koji se odnosi na kvalitet radova vrlo često može imati velike troškovne i vremenske implikacije (neodgovarajuća oprema, fasada, materijali za završne radove itd.).

Upravljanje rizicima na građevinskim projektima podrazumeva upravljanje troškovima i rokovima, tj. trajanjem projekta, što znači da za projekat treba definisati nivo rizika za planirane troškove i rok, tj. koliko svaki od rizika može uticati na troškove i budžet. Kvantifikovanje rizika je jako teško sprovesti sa stanovišta vremena i troškova, pa se vrlo često u inicijativnoj fazi, a i kasnije srećemo sa vrednostima tzv. rezervi u budžetu, koje se najčešće iskazuju procentualno, na osnovu prethodnih iskustava, intuicije itd. Kompleksnost građevinskih projekata je u tome što je jako teško razdvojiti aktivnosti, a sa stanovišta rizika vrlo je teško pojedini rizik pridružiti pojedinim aktivnostima (npr. rizik koji se odnosi na projektantske aktivnosti utiče na ugovaranje i građenje itd.).

Teorija vezana za analizu i upravljanje rizicima se prevashodno bavi ocenjivanjem rizika prilikom donošenja odluka (donošenje odluke o isplativosti građevinskog projekta, celokupne investicije i dr.). Svaki projekat se realizuje pod uticajem određenih rizika, tako da nakon odluke da projekat treba da bude realizovan svaki rukovodilac se susreće sa problemom upravljanja rizicima, tj. kontrolom nivoa rizika kako oni ne bi premašili nivo sa početka projekata (sa kojim su se kalkulirali troškovi), čime bi se ugrozila kalkulirana isplativost projekta.

Tokom životnog ciklusa projekta raste broj informacija o samom projektu, i dolazi do smanjenja nepoznanica, tako da je lakše ocenjivati rizike i sprovesti upravljačke akcije. Troškovi i trajanje projekta se kalkulišu kroz osnovni budžet (troškovi kalkulirani bez

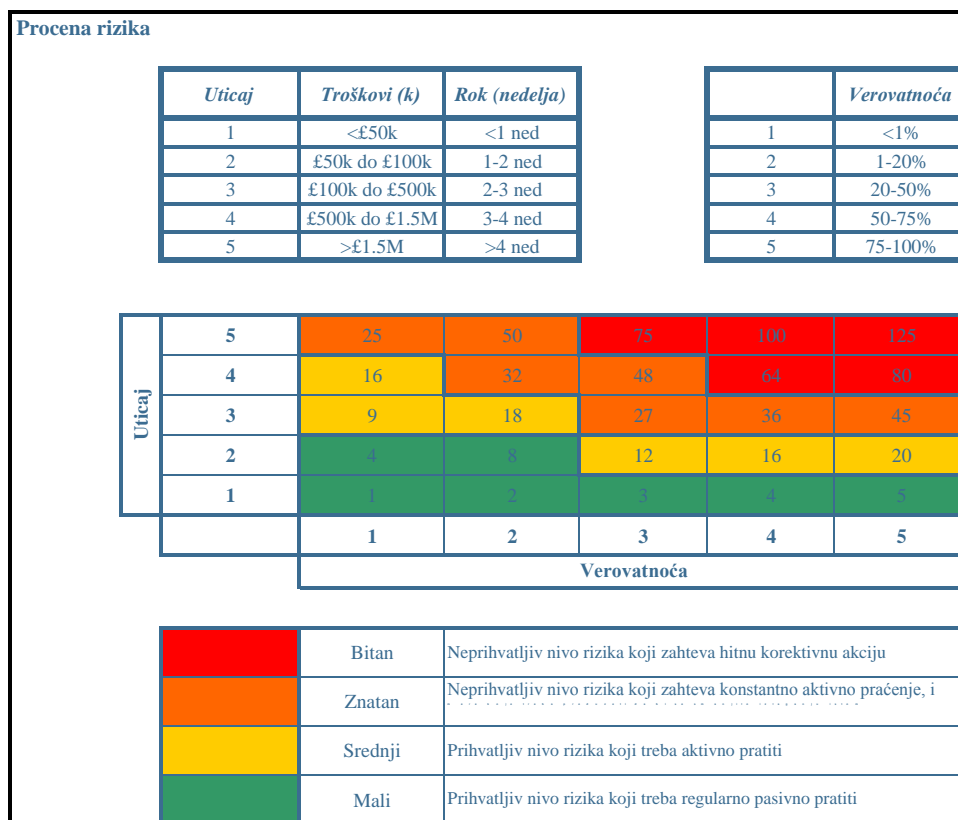
uticaja specifičnih rizika) na šta se kasnije dodaju pojedini specifični rizici, i to najčešće procentualno nakon diskusije i procenjivanja od strane iskusnih procenjivača. U novije vreme razvijene su tehnike upravljanja rizicima, koje služe za kvantifikaciju rizika na osnovu jednostavne matematičke formulacije.

Za samo upravljanje rizicima polazna platforma treba da bude jasno formulisana radna - WBS i organizaciona - OBS struktura projekta. Identifikacija rizika podrazumeva tekstualni opis rizika i njegovih efekata na projekat. U kategorije rizika (tj. jedan od viših nivoa WBS-a) treba svrstati svaki od rizika, da bi se lakše sagledao uticaj i predložio način kontrole i upravljanja. Osim ove tri kategorije vrlo bitno je definisati status rizika (jedna od mogućih klasifikacija je na aktivan / pasivan / zatvoren rizik). Identifikacija rizika podrazumeva opis svih potencijalnih rizika, tako da mnogi rizici možda nikada i ne postanu aktivni ali su označeni i pod stalnim su nadzorom. Na slici 2.11 je prikazana ova inicijalna obrada rizika.

Identifikacija rizika					
Broj rizika	Naslov	Opis rizika	Efekat	Kategorija	Status

Slika 2.11 Načini odgovora na odgovarajući rizik

Procena rizika treba da bude na osnovu unapred određenih kategorija. Na sledećoj slici (2.12) je prikazan predlog autora ove disertacije kako da se procenjuje rizik u slučaju da je potrebno unapred subjektivno proceniti uticaj na troškove i rok izgradnje, i verovatnoća da će se poremećaj dogoditi. Matrica predstavlja prostu multiplikaciju uticaja i verovatnoće, gde su vrednosti podeljene u četiri kategorije nivoa rizika. Najvažnije je pri ovakvoj kalkulaciji pravilno oceniti troškovne i vremenske uticaje (u zavisnosti od veličine i vrste projekta, kompleksnosti itd.). Cilj ove analize je da se dobije vrednost rezerve u slučaju pojave štetnih situacija (*contingency*) tj. za koliko troškovi projekta mogu da se povećaju ukoliko se aktiviraju predviđeni rizici.



Slika 2.12 Predložena matrica za procenjivanje rizika

Ovde je važno sprovesti prethodnu analizu uticaja kako bi se što realnije procenili rizici. Ova analiza se sprovodi za svaki pojedinačni sagledani rizik, a takođe bi trebala i da se usmeri i na ceo projekat kako bi se donela odluka o strategiji realizacije projekta.

Procenjene četiri kategorije rizika (mali, srednji, znatan i bitan) nas upućuju na korektivne akcije koje treba sprovesti. Za sve četiri kategorije predviđeno je praćenje (aktivno i pasivno), a za dve više kategorije rizika (znatan i bitan) i sprovođenje korektivnih akcija.

Procena nivoa rizika se vidi na slici 2.12 Proračun nivoa rizika se vrši kao proizvod verovatnoće i kvadrata maksimuma troškovnog i vremenskog efekta (kraće nivo rizika = verovatnoća x (max(troškovni efekat, vremenski efekat))²

$$R_i = P_i [\max(F_i, T_i)]^2 \quad (2.8)$$

Ovo je grubi proračun, jer je primećeno u praksi da je u najvećem broju slučajeva verovatnoća da će se desiti poremećaj u sferi troškova i vremena slična, a da bi se nivo rizika prikazao kao maksimalna kategorija bira se veći od troškovnih i vremeniskih efekata. Ove vrednosti treba da se prikažu u nastavku tabele za identifikaciju rizika.



Slika 2.13 Procena nivoa rizika u zavisnosti od troškovnih i vremenskih efekata

Pretpostavka je da su na početku projekta rizici najveći, tj. da tokom realizacije projekta upravljačkim akcijama dolazi do smanjivanja rizika, mada je moguće da se tokom realizacije projekta dođe do poremećaja u okruženju koji povećavaju nivo postojećih rizika, ali dovode i do pojave novih rizika (te pojave mogu biti povećanje inflacije, promene na tržištu radne snage i materijala, elementarne nepogode, promene u zakonodavstvu itd.). Zbog toga je vrlo važno sprovesti permanentnu kontrolu verovatnoće da se neka pojava dogoditi i kategoriju rizika, i to ukoliko je moguće u formi dijagrama ili histograma, gde bi se videlo kako se nivo rizika kreće kroz vreme. Na osnovu ovog kretanja treba predvideti odgovor na rizik, tj. ukoliko se menja kategorija rizika nekada je potrebno predvideti i dodatne načine odgovora na rizik.

Tabela 2.2 Praćenje rizika i predviđanje odgovora na rizike

OPIS RIZIKA	PRETHODNA VEROVATNOĆA	PRETHODNA KATEGORIJA RIZIKA %	SADASNJA VEROVATNOĆA	SADASNJA KATEGORIJA RIZIKA %	ODGOVOR NA RIZIK

Praćenje nivoa rizika pojedinih aktivnosti na projektu, kroz evaluaciju verovatnoće i kategorije rizika je neophodno iz razloga pravljenja strategije odgovora na rizike. Poslednja kolona u prethodnoj tabeli je predloženi odgovor na rizik, i generalno postoje četiri kategorije odgovora na rizike:

- prihvatanje i kontrola;
- smanjenje;
- transferisanje i
- izbegavanje.

Prihvatanje i kontrola se najčešće sprovodi ukoliko je rizik u dozvoljenim granicama, jer ne zahteva dodatne resurse. Ovu kategoriju odgovora na rizik treba smatrati i glavnom akcijom upravljanja rizicima. Smanjenje rizika najčešće zahteva angažovanje dodatnih resursa (i dodatne troškove na projektu). Transferisanje rizika je prebacivanje rizika sa pojedinih učesnika na projektu na ostale učesnike, pod pretpostavkom da će oni lakše upravljati tim rizikom, i da će nivo rizika biti niži u tom slučaju. Izbegavanje rizika je sprovođenje upravljačke akcije kojom se projekat ne dovodi u zonu određenog rizika.

Upravljanje rizicima podrazumeva eliminisanje ili smanjenje nivoa rizika sprovođenjem upravljačkih akcija. Planirane upravljačke akcije u pripremnoj fazi realizacije projekta ne moraju biti konačno rešenje, jer vrlo često tokom realizacije projekta dolazi do promena, tako da planirane akcije nisu odgovarajući odgovor na rizik. Zbog toga bi trebalo sprovesti upravljačke akcije koje su odgovor na konkretan rizik u datom trenutku (koje mogu biti iste kao unapred planirane akcije). U ovoj fazi treba označiti nosioce rizika i nosioce akcije (zbog toga je važno predvideti delegiranje na projektu) kao i vremenski odrediti sprovedenu akciju.

Upravljanje rizikom				
Preduzeta upravljačka akcija	Planirana upravljačka akcija	Nosilac rizika	Nosilac akcije	Datum

Slika 2.14 Procedura upravljanja rizikom

Nakon sprovedene upravljačke akcije najčešće se rizik ne eliminiše, već ostaje da egzistira na projektu, ali sa izmenjenom verovatnoćom i troškovnim i vremenskim efektima. Nakon ocenjivanja ovih parametara, kao na slici 2.15 dobija se nivo rizika u datom trenutku. Ovaj nivo rizika trebao bi da bude manji od početnog nivoa rizika, koji se nalazi na početku ove tabele. Osim toga jako je važno uneti proteklo vreme od poslednje promene, tj. observacije. Osim toga, treba da postoji u ovom planu strategija rezervi i predviđene akcije koje treba sprovesti ako se pojavi rizik.

Preostala procena rizika					Strategija rezervi (contingency)
Verovatnoća	Troškovi	Vreme	Nivo (ROAG)	Vreme (od poslednje procene)	Akcije koje treba sprovesti ako se pojavi rizik

Slika 2.15 Procedura procene preostalih rizika i strategija rezervi

Ovde će biti prikazan jedan praktičan primer analize i procene rizika na projektu. Cilj ove analize je da se na osnovu identifikovanih rizika ocene njihovi troškovni i vremenski efekti i verovatnoća da će se oni dogoditi, što nam kazuje koliko je faktorisani troškovni i vremenski rizik, tj. potencijalna rezerva sa kojom treba krenuti u realizaciju projekta.

U tabeli su obrađena samo dva rizika, i u prvom delu tabele dati su opisi rizika i upravljačka akcija kojom bi se eliminisao ili smanjio rizik. Oba rizika su svrstana u radne - WBS kategorije, kako bi se lakše i preglednije pratili, a i da ne bi dolazilo do preklapanja rizika.

2.STANDARDNI MODELI ZA KONTROLU REALIZACIJE PROJEKATA

ANALIZA RIZIKA		Datum:	
CLIENT:		Inicijator:	
PROJECT:		Revizija:	
CONSTRUCTION / PROJECT MANAGER:			
PAKET / FAZA :			
Broj rizika			
	Rizik	Opis rizika	Upravljačka akcija
WBS			
5.0 Infrastructure			
5.1	Vodosnabdevanje	Postojeća vodovodna mreža nije odgovarajuća za	Izgradnja rezervoara i dopuna kapaciteta iz susjednog vodovodnog sistema.
6.0 Komercijalni			
6.4	Pad lokalne/regionalne ekonomije	Ne postoji garancija da će lokalna/regionalna ekonomija	Investitor da identifikuje promene i da realizaciju projekta prilagodi situaciji

Slika 2.16a Primer – analiza rizika na velikom građevinskom projektu

Ocena troškovnih i vremenskih posledica je gradirana od 1 do 5 pri čemu je unapred definisana gradacija u novčanim i vremenskim vrednostima. Važno je predstaviti i najviši nivo posledica kao maksimalnu vrednost troškovnih i vremenskih posledica, jer ova vrednost ima ključni uticaj na nivo rizika. Kalkulisanje troškovnog i vremenskog rizika vrši se na osnovu srednjih vrednosti.

Ocena troškovnih posledica	Ocena vremenskih posledica	Najviši nivo posledica	Troškovni rizik			Vremenski rizik		
			Min €	Max €	Srednji	Min dana	Max dana	Srednji
0 - 5	0 - 5							
5	2	5	3,000,001	5,000,000	4,000,001	30	45	37.5
4	2	4	1,000,001	3,000,000	2,000,001	60	90	75.0

Slika 2.16b Primer – analiza rizika na velikom građevinskom projektu

Ovaj proračun se vrši na osnovu verovatnoća pojave, tj. princip očekivane novčane vrednosti je zastupljen u ovoj kalkulaciji. Nivo rizika se dobija množenjem verovatnoće pojave i najvišeg nivoa posledica, a faktorisani troškovni i vremenski rizik se dobijaju multiplikacijom verovatnoće pojave i srednjih vrednosti troškovnog i vremenskog rizika.

Ocena verovatnoće	Verovatnoća	Nivo rizika	Faktorisani troškovni rizik	Faktorisani vremenski rizik
0 - 5				
4	80%	20	3,200,000.40	30.00
2	40%	8	800,000.20	30.00
Totals			4,000,000.60	60.00

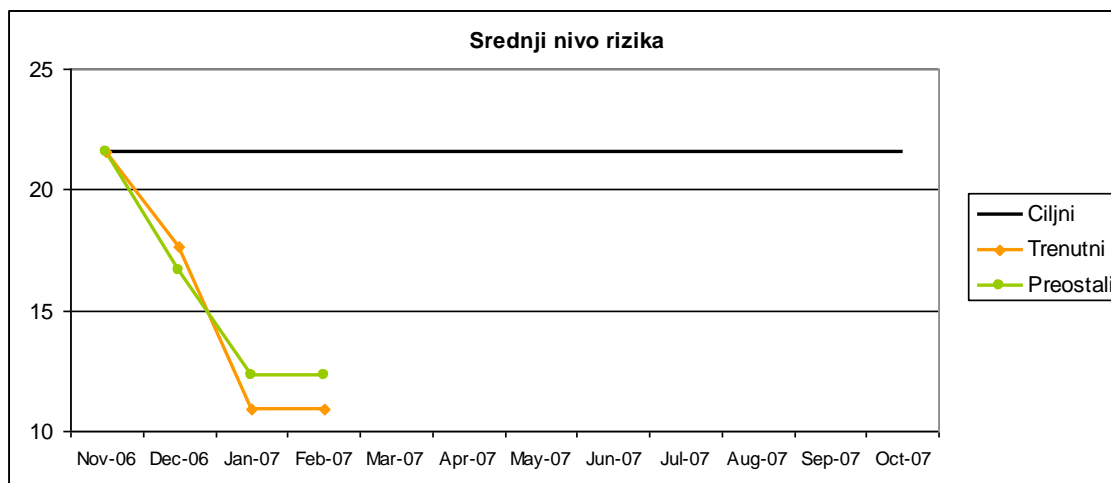
Slika 2.16c Primer – analiza rizika na velikom građevinskom projektu

Registar rizika (*Risk register*) u kome se nalaze svi rizici na projektu, sa proračunom njihovih troškovnih i vremenskih efekata je na velikim projektima jako obiman izveštaj. Zbog toga se za viši menadžment sastavlja izveštaj koji najčešće sadrži pet najviših rizika (*top five risks*) i njihove uticaje. Takođe se svi rizici razvrstavaju u kategorije, kako bi mogli procentualno da se prikažu rizici, tj. njihovi uticaji (najčešće troškovni). Na slici 2.17 prikazano je procentualno učešće pojedinih rizika po kategorijama i to vezano za izgradnju, projektovanje, prethodne radove i rizik investitora.



Slika 2.17 Ukupan rizik po pojedinim kategorijama

Srednji nivo rizika se određuje na početku projekta, i može se smatrati da je to dovoljno pouzdan parametar, koji se ocenjuje na osnovu informacija na početku projekta. Kako bi nivo rizika trebao da se smanjuje tokom projekta, trebalo bi grafički pratiti trenutni nivo rizika u odnosu na srednji nivo rizika, kao i preostali rizik na projektu. Proračun ovih veličina je dat u prethodnom tekstu, a grafički prikaz sa jednog projekta je dat na slici 2.18.



Slika 2.18 Srednji nivo rizika (vremensko praćenje)

Ovaj kratak prikaz analize i upravljanja rizicima je dat da bi se generalno sagledao glavni razlog potrebe za planiranjem i kontrolom realizacije građevinskih projekata. U ovoj disertaciji se obrađuje model za planiranje i kontrolu koji je formiran uz pretpostavku da se radi o neizvesnom okruženju, i da su projekti izloženi brojnim rizicima. Za svaki projekat nivo rizika treba sagledavati kroz procenu svih rizika kojima je projekat izložen pre početka realizacije na gradilištu, a dalje sagledavanje i upravljanje rizicima treba sprovoditi paralelno sa kontrolom realizacije projekta. U daljem tekstu će biti objašnjeni osnovni postulati upravljanja lancima snabdevanja u građevinarstvu, kao jedan od ključnih principa u savremenom upravljanju i kontroli projekata.

2.3 Upravljanje lancima snabdevanja (*Supply Chain Management*)

Upravljanje lancima snabdevanja predstavlja pristup kojim se pokušava prevazilaženje problema koji su nabrojani u uvodu ove disertacije, a generalno za postizanje ciljeva povećanja efikasnosti građevinske proizvodnje. Ciljni troškovi na projektu se definišu unapred i teži se njihovom smanjenju uz postizanje benefita od strane svih učesnika na projektu. Pojam upravljanja lancima (*supply chain*) se koristi za opisivanje redosleda procesa i aktivnosti uključenih u kompletiranje proizvodnje i distributivnog ciklusa, a sam pojam "snabdevanje" obuhvata fizičko snabdevanje narednih operacija resursima, informatičko povezivanje i primenu odgovarajuće ugovorne strategije. Najveći problemi prilikom realizacije građevinskih projekata je optimalno organizovanje procesa, tj. obezbeđivanje kontinualnog rada, optimalno upošljavanje radne snage i mehanizacije. Za ovo je neophodna pravovremena isporuka materijala po gradilištima, primena odgovarajuće ugovorne strategije, projektovanje i dr. Posebno su se problemi povećali tokom perioda tranzicije, domaća velika građevinska preduzeća su transformisana i na tržištu su dominantna mala i srednja preduzeća koja nemaju velike radne kapacitete,

zahtevi projekata u pogledu kvaliteta su povećani, materijal se nabavlja iz inostranstva i dr.

Teorijska osnova koncepta je model po kome se proizvodnja tretira kao tok (*flow*) umesto kao konverzija (*conversion*), što je slučaj kod tradicionalnog tumačenja proizvodnje. To praktično znači da se procesi na projektu odvijaju prema unapred osmišljenoj (planiranoj) strategiji, angažovanje resursa se smanjuje i ravnomerno distribuira, naplata se usklađuje sa realizacijom projekta, a samim tim se i smanjuje rizik eventualnih sporova. Na slici 2.19 prikazane je osnovna razlika prilikom realizovanja projekta po principu upravljanja lancima snabdevanja i tzv. tradicionalni model. Tradicionalni pristup se zasniva na oštrm nadmetanju u tenderskoj fazi, iz čega proizilaze kasniji rizici sporova, odštetni zahtevi, fragmentacija i dr. Osnovni cilj upravljanja lancima snabdevanja je približavanje učesnika na projektu (investitora i izvođača radova) kroz postavljanje zajedničkih ciljeva koji se postavljaju kroz mogućnost ravnopravne zarade u slučajevima smanjivanja troškova na projektu.

Prilikom realizacije građevinskog projekta primenom upravljanja lancima snabdevanja razvija se jedna vrsta partnerskog odnosa između investitora i izvođača radova, tj. dolazi do integrisanja njihovih timova. Na osnovu prethodno definisanih ciljnih troškova realizuje se projekat, i ukoliko dođe do smanjenja troškova podela ušteta se sprovodi između investitora i izvođača radova. Cene u ovom načinu realizovanja projekta su transparentne, tako da se mnogo lakše kalkulišu eventualni naknadni radovi i rešavaju odštetni zahtevi (klejmovi).

Upravljanje lancem snabdevanja (Supply chain management)	Tradicionalni model
Ciljni troškovi	Tender – nadmetanje
Transparentne cene	Fiksna cena
Integrisani timovi	Fragmentacija
Podela ušteta	Penali za kašnjenja

Slika 2.19 Lanci nabavki i tradicionalni menadžment pristup – upoređenje

U poglavlju 1.3.3 objašnjeni su načini ugovaranja, tako da bi partnerski odnos odgovarao upravljanju lancem snabdevanja (*supply chain management*). U ovoj disertaciji bavićemo se tradicionalnim modelom ugovaranja i realizacija projekata, koji je prevashodno zastupljen na domaćem tržištu. Treba imati u vidu da je u našoj inženjerskoj praksi prisutan tradicionalni pristup projektovanju, ugovaranju i izvođenju, a preduzeća koja se bave upravljanjem projektima ne mogu da obezbede kvalitetan

servis banaka kako bi ponudile garancije investitoru za realizaciju ugovora u menadžment okruženju. Osim toga, ugovori koji se primenjuju u građevinarstvu, standardni modeli rešavanja sporova i arbitraža, prevashodno podržavaju tradicionalni pristup realizovanja projekata. Međunarodni FIDIC ugovori, koji su počeli da se primenjuju u domaćoj građevinskoj praksi su orjentisani ka tradicionalnom načinu realizovanja projekata, uz mogućnosti realizovanja projekata i u menadžment okruženju.

U poglavlju 1.2 su analizirani problemi domaćeg građevinskog sektora. Jedan od osnovnih problema je sve veća primena međunarodnih ugovora u domaćem sektoru koji nije dovoljno pripremljen za takav način poslovanja, tako da su domaća građevinska preduzeća u takvom poslovanju najčešće inferiorna, ne mogu da zadovolje sve uslove tokom realizacije projekta, a posebno vremenski odložena plaćanja. Mišljenje autora ove disertacije je da je partnerski odnos uz sprovođenje principa upravljanja lancima snabdevanja primenjiv sistem realizacije u privatnom i državnom sektoru, uz maksimalno transparentno poslovanje, strogu kontrolu u državnom sektoru u smislu korupcije i nelojalne konkurencije i dr.

Za ovaj model realizacije projekta jako je važno sprovesti planiranje i kontrolu realizacije projekta, kako od strane investitora tako i internu kontrolu realizacija od strane pojedinih učesnika. "Kontrolu projekata je teško sprovesti jer se ona sastoji od kvantitativnog i kvalitativnog ocenjivanja projekta koji se uvek nalazi u neprekidnom stanju promena" (Oberlender G., 2000).

Kako je projektovanje i izgradnja sve kompleksnije, pojavljuje se veliki broj učesnika na projektu, a sve su strožiji tehnički zahtevi, ekološki uslovi, finansiranje projekata i dr., neophodno je angažovati konsultante za realizaciju projekta, a njihovo angažovanje finansijski se izražava kroz dodatnu vrednost (*adding value*). Sa druge strane potrebno je smanjivati troškove na projektu, a jedan od načina je i tzv. *Lean* koncept, koje je bazirano na konceptu eliminisanja otpada u proizvodnom ciklusu, a sve u cilju postizanja boljeg rezultata u proizvodnji, tj. vrednijeg objekta. Ovaj koncept je 1998. godine označen kao "*lean construction*", a kao osnovne tehnike u primeni ovog koncepta su "*Just in Time*" (JIT) i "*total quality control*" (TQC).

Jedan od glavnih elemenata upravljanja lancima snabdevanja je "*Just In Time*" ("*tačno u vreme*"), koja je počela da se koristi u Japanskoj brodogradnji sredinom 1960-tih godina. To je početna tačka *Ohno* i *Toyota* revolucije, i primenjiva je u građevinskoj proizvodnji. Ovaj način poslovanja se bazira na dobroj komunikaciji sa snabdevačima, gde se proizvodnja inicira na osnovu trenutnih potreba za materijalima, a ne na osnovu predviđanja. Dinamički planovi za realizaciju projekta su potrebni kao polazna osnova, ali je osnovni princip planiranja kratkoročni operativni planovi, koji se sprovode u skladu sa trenutnim stanjem na projektu.

Specifičnost građevinarstva je u raznolikosti materijala koji se primenjuju, tj. najčešće se na gradilištu dopremaju materijali u različitim oblicima, od rasutih materijala, kontejnerski dopremljenih materijala, do vrlo sitnih elemenata i sklopova. Na velikim projektima materijali mogu da se dopremaju specijalnim direktnim brodskim ili železničkim transportom, mada je to najčešće nemoguće i materijal se doprema kamionima. Teško je uskladiti istovremenu dopremu tih materijala na gradilište, i često je neophodno formirati logističke centre u okviru gradilišta ili u njegovoj blizini. Ovde treba napomenuti da je planiranje i kontrola realizacije građevinskih projekata važno primeniti da bi se projekti realizovali upravljanjem lancima snabdevanja. Pravilnim

planiranjem postiže se optimalno upošljavanje svih učesnika na projektu, smanjuju se rizici (bezbednosni, ekološki, građevinski itd.). Osim toga kontrolisanjem realizacije projekata identifikuju se promene i može se sprovesti re-planiranje, kako bi se zadržao prvobitni način realizovanja.

Ukoliko se materijal ne doprema od lokalnog dobavljača, treba predvideti tačne količine kako nedostatak materijala ne bi uticao na trajanje kompletnog projekta. Vrlo je teško sa dovoljnom tačnošću predvideti sve količine materijala, iz razloga velikog rizika transporta i pretovara, projektantskih grešaka i drugo. Jedan od uslova primene upravljanja lancima snabdevanja je upravljanje rizicima vezanim za dopremu materijala na gradilište i primena tehnika planiranja na projektu.

Ukratko, upravljanje lancima snabdevanja treba primenjivati u cilju unapređivanja poslovanja i smanjivanja troškova na projektima, tj. optimizovanja poslovnog procesa. To se na građevinskim projektima postiže smanjenjem trajanja realizacije projekata i smanjivanjem indirektnih troškova, proizvodnog "škarta" i dr.

2.4 Struktura troškova građevinskog projekta

Struktura troškova građevinske proizvodnje je vrlo kompleksna iz razloga velikog broja ulaznih komponenti (materijal, radna snaga, mehanizacija, usluge trećih lica, podizvođači, indirektni troškovi, organizacija gradilišta i dr.), i velikog broja rizika kojima su izloženi svi od pobrojanih ulaza. Troškovi građevinske proizvodnje su vrlo kompleksni iz razloga što je ova proizvodnja izložena velikom broju rizika, tako da se struktura troškova treba prikazivati razdvojena na veliki broj komponenti, kako bi se sagledale sve neizvesnosti. U ovoj disertaciji se razmatraju troškovi izgradnje (tj. tzv. neto fabrička cena građenja), koja je samo deo troškova izgradnje, tj. deo razvojnog projekta. Ukupni troškovi bi mogli da se definišu kroz (Ferry D., Brandon P., 1991) sledeće elemente:

- (1) troškovi zemljišta;
- (2) troškovi akvizicije i pripremanja zemljišta i dobijanje svih potrebnih saglasnosti;
- (3) rušenje i ostalo fizičko pripremanje gradilišta;
- (4) troškovi građenja;
- (5) plaćanja projektantima i konsultantima;
- (6) nameštanje, instalacije, oprema i dr.;
- (7) troškovi priključivanja na infrastrukturu;
- (8) porez na dodatnu vrednost;
- (9) troškovi finansiranja projekta;
- (10) troškovi upravljanja, vođenja i održavanja.

Troškovi građenja (izgradnje) objekta su najčešće najveći troškovi na projektu, i vrlo često mogu biti uzrok neuspeha kompletnog projekta. Neuspeh projekta (koji se najčešće podrazumeva kroz povećanje troškova projekta) najčešće prouzrokuje

produžetak vremena građenja, jer se u fazi izgradnje angažuje najveći broj resursa, i tada su direktni i indirektni troškovi najveći. Troškovi izgradnje su izloženi velikom broju rizika, a prvenstveno lokacija, tj. mesto izgradnje budućeg objekta može da utiče na troškove kompletnog projekta (logistika, organizacija gradilišta, ograničenja u radnom vremenu gradilišta, klima i dr.).

Struktura troškova građevinskog projekta je specifična zbog toga što je direktno zavisna od trajanja samog projekta. "Ukupni troškovi su najčešće veći od sume njenih delova" (Hinze J., 2000). Troškove građevinskog projekta, tj. građenja možemo podeliti na:

- direktne troškove, koje je moguće odrediti sa dovoljnom tačnošću ukoliko postoji dobra baza podataka, iskustvo, istraživanje tržišta i ukoliko su procenitelji upoznati sa orga-nizacijom i tehnologijom građenja;
- indirektno troškove projekta (*Job Overhead*);
- nadgradnja, tj. režijski troškovi (*Company Overhead*);
- profit.

Mogu se identifikovati četiri različite vrste troškova:

- koji zavise od količina (većina troškova vezanih za materijal, i neki troškovi vezani za radnu snagu);
- koji se odnose na događaje (dovoz mehanizacije na gradilište i dr.);
- vremenski zavisni (najam mehanizacije i dr.);
- zavisni od vrednosti (osiguranja gradilišta, opreme i dr.). (Ferry D., Brandon P., 1991).

Prema (Maylor H., 2005) glavni elementi troškova su:

- vreme – direktan ulaz troškova radne snage u aktivnostima;
- materijali – koji se koriste za izgradnju i ostali koji se koriste u procesu;
- kapitalna oprema i mahanizacija;
- indirektni troškovi – npr. transport, obuka;
- nadgradnja – troškovi kancelarija, finansijska i pravna podrška, menadžment i istalo indirektno osoblje.

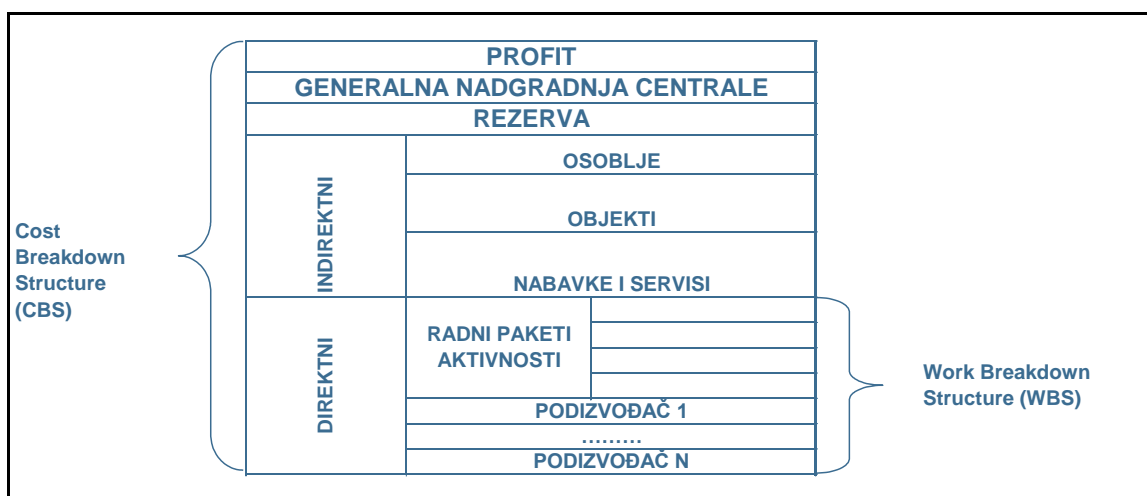
Troškovi građevinskog projekta bitno zavise od cene materijala, radne snage i mehanizacije na predmetnom tržištu, trajanja projekta, tehnologije i organizacije građenja, organizacione strukture preduzeća koje izvodi radove, zakonodavstva države gde se radovi izvode, rizika samog projekta i drugo. Rizik projekta se najčešće izražava kroz rezervu projekta (*contingency*), i to najčešće procentualno od vrednosti ukupnih troškova projekta. Osim samog procenjivanja jako je važno u ovoj fazi formirati pravilnu radnu i organizacionu strukturu na projektu (WBS, OBS i dr.) kako bi se mogli videti svi elementi projekta tj. finansijskog sklopa. Organizaciona (OBS) struktura je projektna struktura, sa pridruženim odgovornostima po pozicijama (ili paketima radova) pojedinih učesnika na projektu.

Zajedničko za sve sisteme upravljanja projektima je dobro definisana radna (WBS) struktura, kao osnova sistema. Najmanja zbirna jedinica WBS strukture je paket radova,

koji predstavlja celinu koju je moguće izmeriti, budžetirati, planirati i kontrolisati na osnovu unapred definisanih aktivnosti u okviru paketa radova. Za kontrolu troškova WBS je povezan na troškovnu (CBS) strukturu, a takođe i za OBS (organizacionu) strukturu zbog lakšeg praćenja i kontrolisanja ljudstva na projektu. U tabeli 2.3 se vidi struktura troškova projekta, a radi se o menadžment pristupu (*Management Contracts*), jer su direktni troškovi predstavljeni u vidu paketa radova (koji se najčešće ugovaraju sa podizvođačima – *subcontractors*), i prikazano je do kog nivoa troškova se razvija WBS i CBS struktura. Troškovi projekta su zbir direktnih i indirektnih troškova, te profita, generalne nadgradnje centrale i rezerve. Direktni troškovi su podeljeni na radne pakete koje realizuje generalni izvođač radova (ili se realizuju kroz upravljanje izgradnjom ili menadžment pristup) i radove podizvođača, dok se indirektni troškovi grubo dele na troškove osoblja, objekata i nabavke i servise. Protok novca (*Cash Flow*) sa stanovišta izvođača radova treba da bude povoljan (pozitivan), tj. naplaćeni iznos od investitora treba da bude veći od troškova tokom kompletne realizacije projekta, tj. izgradnje.

Vremenski zaostatak isplata privremenih situacija trebao bi da pokrije avans, koji je predviđen da se troši linearno tokom realizacije projekta. Međunarodni uslovi ugovaranja su vrlo često nepovoljni za izvođače radova koji nemaju mogućnost kreditiranja od strane banaka, jer je ugovorna dinamika plaćanja izuzetno spora. Praktično, ovi ugovori štite investitore od rizika koji bi mogli da se pojave na projektu u toku izgradnje. Vrlo često sporovi se ipak javljaju, najčešće iz razloga nesagledavanja svih rizika na početku projekta. Zbog toga su mnogi izvođači radova u situaciji kada se pojavi spor na projektu primorani da nastave izgradnju (angažovana mehanizacija, ljudstvo, mobilizovano gradilište i dr.), a ukoliko je finansiranje od strane investitora usporeno ili prekinuto može da dođe do smanjivanja ili nestanka kompletnog profita, ugrožavanja funkcionisanja izvođačkog preduzeća i njegovih ostalih projekata i dr.

Tabela 2.3 WBS i CBS (izvor: *Construction Industry Institute, Publikacija Br. 6-4*)



Zbog toga je vrlo važno vršiti tačnu analizu rizika na projektima, zbog čega se rizik kojim je opterećen investitor ne bi ublažavao sporom naplatom koja ne doprinosi boljoj realizaciji na projektu. Ovde treba napomenuti da je većina konfliktnih situacija na

projektu vezana za troškove koji se pojavljuju u slučaju produžetka vremena građenja, i oni su često uzrok odštetnih zahteva od strane izvođača radova. Ukoliko je finansiranje projekta u potpunosti obezbeđeno, optimalni troškovi se postižu samo odgovarajućim projektovanjem, kvalitetnim sprovođenjem odgovarajuće tenderske procedure, primenom odgovarajućih ugovora i sprovođenjem istih u toku proizvodnje (građenja).

Tradicionalni pristup projektovanju, ugovaranju i realizaciji projekta je model u kojem većinu troškova investitor snosi kroz realizaciju generalnog izvođača radova, koji ih fakturiše investitoru kroz naplatne situacije. U tabeli 2.4 vidi se prihodna struktura koja se sastoji od prihoda od realizacije glavnog izvođača, podizvođača i ostalih prihoda. Ovde je bitno naglasiti da se sve kategorije troškova moraju posmatrati kroz vrednosti iz ponude, tj. ugovorne sume, originalnog i aktuelnog budžeta. Originalni budžet je polazna procena troškova na projektu, dok aktuelni budžet predstavlja izmenjeni poslednji ažurirani usled promena tokom realizacije projekta. Tokom realizacije projekta jako je važno pratiti ove vrednosti i u slučaju da je budžet prekoračen (ili se to unapred ustanovi), utvrditi razloge prekoračenja i pripremiti strategiju primene odštetnih zahteva prema investitoru.

Direktni troškovi standardno se sastoje od troškova za ljudstvo, materijale i mehanizaciju i proizvodnih usluga trećih lica. Troškovi radne snage u okviru direktnih troškova mogu se podeliti na bruto plate građevinskih radnika i radnika na mašinama i radnika na održavanju mašina, a materijal na pogonski, građevinski, materijal za zanatske radove, opremu, rezervni delovi i oprema za mehanizaciji, ozelenjavanje i dr. (ovde se radi o podeli koja se odnosi na visokogradnju). Troškovi mehanizacije mogu se podeliti na troškove mehanizacije u vlasništvu i proizvodne usluge trećih lica.

Indirektni troškovi su troškovi organizacije gradilišta, bruto plate radnika u režiji, režijski troškovi gradilišta, troškovi centrale i rezerve, dok su podizvođačke usluge date kao odvojeni trošak. Procena profita na projektu može se sagledati kao razlika prihoda i ukupnih troškova (direktnih, indirektnih i podizvođača), umanjenog za porez na profit.

Pojedini prihodi i troškovi su dati kroz vrednosti iz ponude, tj. ugovorene vrednosti, originalnim budžetom projekta, i aktuelnim budžetom u kome su evidentirane i kalkulirane sve promene u toku realizacije projekta. Ovakva tabela služi izvođaču radova da uporedi očekivane prihode sa projekta i troškove tj. budžet samog projekta.

Ovde je bitno naglasiti da su pojedini troškovi vezani za trajanje samog projekta (režija, troškovi uprave, mehanizacija i oprema na gradilištu itd.), tako da je vrlo bitno prilikom procenjivanja troškova odrediti trajanja samog projekta. Osim ove rezerve budžet projekta bi trebao da ima kompletno osiguranje zbog nepredviđenih situacija (zastoji, administrativni problemi, itd.).

Investitori su izloženi sledećim troškovima vezanim za realizaciju (izgradnju) građevinskog projekta:

- projektovanje i konsultantske usluge,
- organizacija gradilišta,
- izgradnja,
- završni radovi i oprema.

Tabela 2.4 *Struktura troškova na građevinskom projektu – sagledano od strane Izvođača radova*

STRUKTURA TROŠKOVA GRAĐENJA (sagledavanje kroz originalni i aktuelni budžet projekta od strane Izvođača radova)						
VRSTA PRIHODA / TROŠKOVA		PONUĐA	%	ORIGINALNI BUDŽET PROJEKTA	%	AKTUELNI BUDŽET PROJEKTA
P	PRIHOD					
	PRIHOD OD REALIZACIJE GLAVNOG IZVOĐAČA					
	PRIHOD OD REALIZACIJE PODIZVOĐAČA					
	OSTALI PRIHODI					
	UKUPAN PRIHOD (P)					
TROŠKOVI Tp						
A	DIREKTNI TROŠKOVI					
A-1	BRUTO PLATE RADNIKA					
A-2	MATERIJAL					
A-3	MEHANIZACIJA - TROŠKOVI VLASNIŠTVA					
A-4	PROIZVODNE USLUGE TREĆIH LICA					
	UKUPNI DIREKTNI TROŠKOVI (A)					
B	INDIREKTNI TROŠKOVI					
B-1	ORGANIZACIJA GRADILIŠTA					
B-2	BRUTO PLATE RADNIKA U REŽIJI					
B-3	REŽIJSKI TROŠKOVI GRADILIŠTA					
B-4	TROŠKOVI UPRAVE (HEAD OFFICE)					
B-5	REZERVE					
	UKUPNO INDIREKTNI TROŠKOVI (B)					
C	PODIZVOĐAČKE USLUGE					
	UKUPNO TROŠKOVI Tp = A + B + C					
POSLOVNI REZULTAT (DOBIT) = P-Tp						
POREZ NA DOBIT						
ČISTA DOBIT - PROFIT						

Savremeno građevinarstvo je najviše ograničeno strogim uslovima vezanim za zaštitu na radu i zaštitu životne sredine, tako da pri svakom procenjivanju troškova treba računati sa zahtevima iz ove dve kategorije, koji mogu znatno da utiču na trajanje i troškove na projektu.

Osim ovih troškova, investitori snose troškove nabavke i korišćenja zemljišta, dozvola, osiguranja itd., ali ova problematika nije obrađivana u ovoj disertaciji. U tabeli 2.5, nakon objašnjenja pojedinih stavki, dati su pojedini troškovi sa procentima odstupanja u kojima bi oni mogli da se kreću u praksi. Ovi procenti su iskustvo autora sa projekata koji realizovani tokom poslednjih 10-tak godina.

Pored osnovnih građevinskih i troškova završnih radova sa opremom (gde se procenjuju i nepredviđeni radovi) dati su i troškovi kamata i osiguranja, nezavisno od toga iz kojih izvora se projekat finansira. Prednost ulaganja u građevinske projekte je povoljna dinamika angažovanja finansijskih sredstava, jer je većina ključnih, tj. najvećih troškova dinamički raspoređena u završnim fazama realizacije projekta. Sa stanovišta projektnog

finansiranja neki projekti imaju i dobar *cash flow*, tj. prihodi se ostvaruju i pre završetka kompletnog projekta (fazna izgradnja, prodaja pojedinih jedinica pre završetka izgradnje i dr.)

Nadogradnja osnovnih građevinskih troškova, su troškovi organizacije gradilišta koji uključuju troškove same organizacije i servisiranja gradilišta za vreme građenja. Ovi troškovi su zavisni od trajanja projekta i zbog toga je jako važno odrediti optimalno trajanje projekta, i eliminisati ili kontrolisati sve rizike koji mogu da utiču na produženje roka građenja.

Rezerve pokrivaju sve troškove vezane za građenje koji mogu da se jave tokom građenja a nisu predviđeni (zemljani radovi, eventualni zaštita objekta, pojačano fundiranje itd.). U tabeli su dati procentualni odnosi troškova projektovanja, i to za novo-sagrađene i rekonstruisane objekte.

Kompletan budžet projekta ima dodatno obezbeđenje od rizika, koji podrazumeva nepredviđene zastoje, administrativne probleme itd. Na ovaj način kalkuliše se budžet projekta, obično na osnovu konceptualnog projektog rešenja, u ranim fazama realizacije projekta. Suština pokrivanja rizika novčanim rezervama je da se unapred predvide troškovi kompletnog projekta, tj. maksimalan iznos.

U tradicionalnom shvatanju građevinarstva prekoračivanja budžeta su se zbog različitih rizika rešavala naknadnim i nepredviđenim radovima koji su se naplaćivali kroz anekse ugovora, što je neprihvatljivo ukoliko se projekat finansira iz zajmova, kredita i drugih transparentnih izvora. Zbog toga savremeni modeli za upravljanje projektima predviđaju obimne analize troškova projekta u ranim fazama realizacije, uz definisanje ugovornih odnosa između investitora i izvođača radova koji su sa minimalnim rizikom eventualnih sporova, i mogućnošću obostrane koristi u slučaju smanjivanja troškova projekta.

U tabeli 2.6 su dati režijski troškovi koji su primenjivani u praksi na jednom velikom građevinskom projektu, koji je zbog veličine investicije zahtevao dodatne mehanizme osiguranja od rizika. Režijski troškovi predstavljaju praktično sve troškove koji nisu direktno vezani za izgradnju i projektovanje, i sve aktivnost koje se tiču direktnog opsluživanja gradilišta (snabdevanje, obezbeđenje i dr.). Opšti režijski troškovi obuhvataju sve troškove koji se ostvaruju u poslovanju preduzeća, tj. u centrali i u službi tehničke pripreme. Oni variraju u zavisnosti od organizacione strukture preduzeća, i ukoliko su precenjeni manja je verovatnoća da će preduzeće koje učestvuje na tenderu biti konkurentno sa predloženom cenom, a ukoliko su podcenjeni preduzeće će deo planiranog profita trošiti na rad centrale i službe tehničke pripreme.

Savremeno finansiranje projekata predviđa smanjivanje rizika, tj. uključivanje mehanizama koji doprinose smanjivanju rizika. Ovi mehanizmi se odražavaju na troškove projekta i izražavaju se kroz režijske troškove preduzeća koje učestvuje na tenderu.

Tabela 2.5 Struktura troškova građevinskog projekta – sagledano od strane Investitora

STRUKTURA TROŠKOVA GRAĐEVINSKOG PROJEKTA (troškovi kojima su		
VRSTA TROŠKOVA		
A	OSNOVNI GRAĐEVINSKI TROŠKOVI	
	IZGRADNJA	
	NEPREDVIĐENI RADOVI	
	
	.....	12% na godišnjem nivou
	UKUPANI TROŠKOVI GRAĐENJA	
B	ORGANIZACIJA GRADILIŠTA	
	TROŠKOVI GRADILIŠTA - NOVA GRADNJA	10÷12% od troškova građenja
	TROŠKOVI GRADILIŠTA - REKONSTRUKCIJA	6÷8 % od troškova građenja
C	REZERVE	
	REZERVA - NOVA GRADNJA	5%
	REZERVA - REKONSTRUKCIJA	9%
D	ZAVRŠNI RADOVI I OPREMA	
	ZAVRŠNI RADOVI I OPREMA	
	OPREMA	
	OSTALI RADOVI	
	KAMATE I OSIGURANJA	12% na godišnjem nivou
	UKUPNO ZAVRŠNI RADOVI I OPREMA	
E	PROJEKTOVANJE I KONSULTANTSKE USLUGE	
	NOVA GRADNJA	12,5 % od ukupnih troškova (A+B+C+D)
	REKONSTRUKCIJA	15 % od ukupnih troškova (A+B+C+D)
	UKUPNO	
	BUDŽET SA DODATNIH 5% (UKLJUČUJU SVE	

Režijski troškovi građevinskog proizvoda podrazumevaju:

- ostali opšti troškovi, kamate i drugo, koji direktno zavise od trajanja projekta. Ovde treba imati u vidu da na ove troškove utiče i *cash flow* (protok novca) na projektu;
- garancija za dobro izvršenje posla;
- garancija za kvalitet;
- zadržani iznos pokrića na mesečnim privremenim situacijama (*retention money*);
- iznos za radove u garantnom roku;

- osiguranje gradilišta;
- rizik (predviđa se obično dodatno osiguranje od rizika koji nisu definisani kao mogućnost naplate kroz odštetne zahteve);
- dobit;
- opšti troškovi gradilišta.

Jasno je da su troškovi građevinskog projekta direktno uslovljeni vremenom realizovanja projekta, i da troškovi neminovno rastu skraćivanjem ili produžavanjem vremena građenja, što se vidi na slici 2.20.

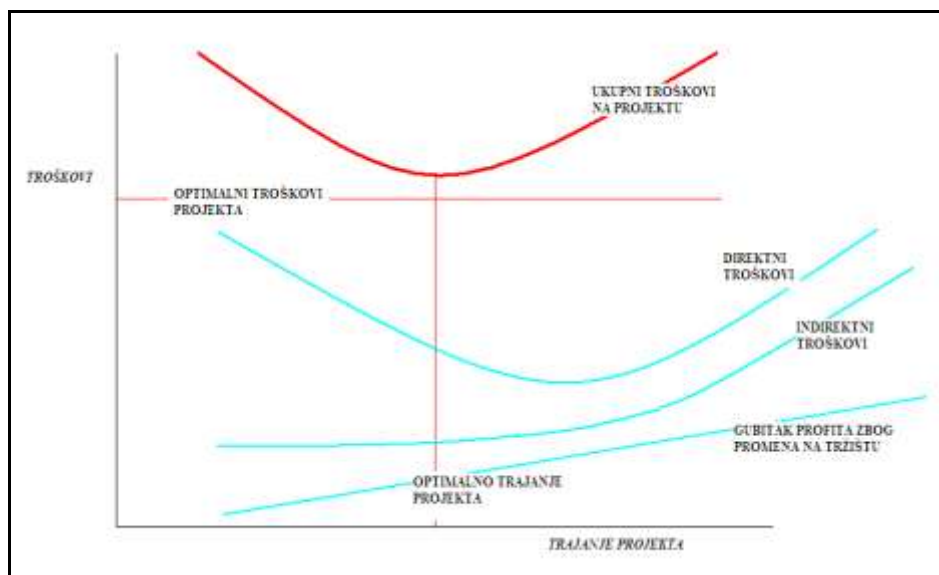
Iz prethodno izloženog vezano za analizu indirektnih troškova građenja mogla bi da se napravi analiza koliko se povećavaju troškovi građenja ukoliko se produži trajanje realizacije tj. građenja. Za dalju analizu vezanu za model za planiranje i kontrolu troškova važno je proceniti u kom procentu indirektni troškovi učestvuju u ukupnim troškovima, i to koliko oni procentualno iznose na mesečnom nivou, tj. kada bi se izgradnja produžila za jedan mesec. U tabeli 2.6 su prikazani režijski troškovi na jednom velikom građevinskom projektu i ovi rezultati su poslužili za sprovođenje proračuna u nastavku. Iz ove tabele se može zaključiti da navedeni troškovi rastu sa povećanjem vremena građenja za jedan mesec u vrednosti od 1,56% od ukupnih troškova građenja kompletnog projekta u slučaju da je planirano vreme građenja 18 meseci. Ovo je gruba kalkulacija koju je sproveo autor ove disertacije, a upoređivanjem sa tačno kalkulisanim dodatnim troškovima na nekoliko projekata kod kojih je prekoračen ugovoreni rok došlo se do zaključka da ovaj rezultat odgovara stvarnim rezultatima.

kamate i osiguranja	$0,06$ (na godišnjem nivou) x $0,8$ (procenat budžeta) / 12	$= 0,40\%$
troškovi gradilišta	$0,10$ (10% budžeta) / 18 (trajanje izgradnje)	$= 0,56\%$
troškovi uprave	$5,75\%$ / 18	$= 0,32\%$
konsultantske usluge	$0,05$ (procenat od ukupnih troškova) / 18	$= 0,28\%$
osiguranje gradilišta	$0,001$ (0,1% na godišnjem nivou) / 12	$= 0,01\%$
ukupno		1,56%

Određivanje optimalnog vremena trajanja projekta kako je to prikazano na slici 2.20 je određivanje minimuma zbirne krive direktnih troškova, indirektnih troškova i gubitka profita zbog promena na tržištu. Direktni troškovi imaju minimalnu vrednost za neko trajanje projekta, jer ova funkcija raste sa skraćivanjem i produžavanjem trajanja projekta. Skraćivanjem trajanja projekta troškovi rastu zbog angažovanja velikog broja resursa koji nisu optimalno angažovani zbog suženog fronta rada. Produžavanjem trajanja projekta takođe rastu troškovi zbog male produktivnosti mehanizacije i ljudstva koji su permanentno angažovani na projektu. Indirektni troškovi rastu (skoro linearno) sa produžetkom trajanja projekta, a za neko ekstremno produženje trajanja projekta nagib krive raste, što znači da indirektni troškovi dodatno rastu. Osim direktnih i indirektnih troškova treba predvideti i gubitak profita zbog promena na tržištu, pod pretpostavkom da rastu linearno.

Tabela 2.6 Režijski troškovi na velikom građevinskom projektu

REŽIJSKI TROŠKOVI							
Opšti režijski troškovi firme:		R/Mh/M	KOOP	Rad	Mehan.	KOOP	Mat.
		%	%	%	%	%	%
Centralna režija (kalkuliše se u slučaju		2.00%					
Režija direkcije		0.50%					
Režija područja kada je firma podeljena		1.75%					
Tehnička služba (služba pripreme)		1.50%					
Suma režijskih troškova firme		5.75%	0.00%	5.75%	5.75%	5.75%	5.75%
Ostali opšti troškovi, kamate i dr.							
Kamate: 18 mj / 12 mj X 2.00 % = 3.00%				3.00%	3.00%	3.00%	3.00%
Garancija za dobro izvršenje posla: (.....% x .....mj / 12 mj x Aval %) / 100 =							
5 % 18 mj 12 10.00 % 100 = 0.8%				0.8%	0.8%	0.8%	0.8%
Garancija za kvalitet: (..... %x..... god. x garancija %) / 100							
3 % 1.5 god. 10.00 % 100 = 0.45%				0.45%	0.45%	0.45%	0.45%
Zadržani iznos pokrića na mesečnim privremenim situacijama ((.....% x .....mj + 2mj/12 mj x Kredit %)/100) x 50%							
10 % 18 mj 12 12.00 % 100 = 0.25%				0.25%	0.25%	0.25%	0.25%
Iznos za radove u garantnom roku:		0.50%		0.50%	0.50%	0.50%	0.50%
Osiguranje gradilišta: (SUB)		0.10%		0.10%	0.10%	0.10%	0.10%
Rizik:		3.00%		3.00%	3.00%	3.00%	3.00%
Dobit:		2.00%		2.00%	2.00%	2.00%	2.00%
Opšti troškovi gradilišta:		3.16%		3.16%	3.16%	3.16%	3.16%
Međusuma (Y):		18.96%		18.96%	18.96%	18.96%	18.96%
Stvarni iznos režijskog dodatka:		$\frac{Y \times 100}{100 - Y}$		23.40%	23.40%	23.40%	23.40%
Režijski dodatak / Mat.:		55 %	X RT od 23.40 %				12.87%
Režijski dodatak / KOOP:		25 %	X RT od 23.40 %			5.85%	
Režijski dodatak / Rad:		20 %	X RT od 23.40 %	4.68%			
Rizik produženja roka:				1.00%	1.00%	1.00%	
Rizik povećanja količina:				1.00%	0.00%	2.00%	
REŽIJSKI TROŠAK:				6.68%	0.00%	6.85%	15.87%
Osnove:		Troškovi kredita: 10.00% godišnje					
		Troškovi garancija: 5.00% godišnje					



Slika 2.20 Optimalni troškovi na projektu (u zavisnosti od trajanja projekta)

Tri kategorije koje je moguće varirati i na taj način menjati karakteristike projekta (tj. uspešnost realizacije projekta) su troškovi, vreme realizacije i kvalitet. Promenom jedne od ove tri kategorije neminovno dolazi do promene i ostalih kategorija (jedne ili obe). Iako su troškovi najčešće najvažnija kategorija, moguće je da zahtevi investitora budu usmereni primarno na ostale kategorije, ali su na većini projekata kvalitet i trajanje projekta fiksni, tako da se troškovna kategorija varira. Na slici 2.21 je prikazana trodimenziona površ koja predstavlja mogući opseg vrednosti u kojima ove kategorije (promenljive) mogu da se nalaze. Kvalitet je vrlo često unapred definisan tehničkim uslovima, ali generalno može da se predvidi u opsegu od neke minimalne do maksimalne vrednosti. Za minimalno trajanje projekta se postižu maksimalni troškovi, kao i za maksimalno trajanje, što je i prikazano na slici 2.20. Dobijena površ ima minimum po funkciji troškova i to za slučaj minimalnog kvaliteta, uz optimalan rok realizacije. Bitno je napomenuti da je moguće odrediti optimalan rok za koji su troškovi minimalni, a u zavisnosti od zahteva nivoa kvaliteta se mogu i odrediti.

Matematička interpretacija ovog problema bi mogla da izgleda:

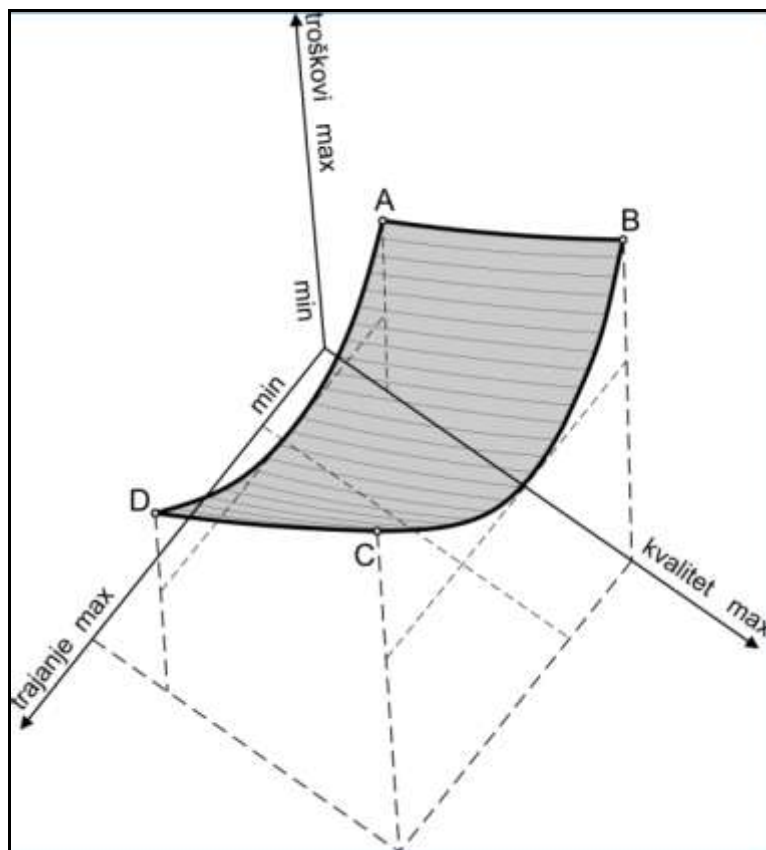
površ Γ zadana je jednačinom $z = f(x, y)$, gde vrednost x predstavlja trajanje, y kvalitet, dok z predstavlja troškove na projektu.

Ako se u prethodnoj jednačini fiksira y (kategorija kvalitet), onda dobijena jednačina

$$z = f(x, y), \quad y = \text{const} \quad (2.9)$$

predstavlja jednačinu koordinatne linije L_x , gde je to presečna kriva površi Γ i ravni $y = \text{const}$. Kako je

$$\frac{\partial z}{\partial x} = \frac{d}{dx}[f(x, y)], \quad y = \text{const} \quad (2.10)$$



Slika 2.21 *Mogući raspored troškova i trajanja projekta u zavisnosti od zahtevanog kvaliteta (grafički prikaz)*

to na osnovu geometrijskog značenja izvoda funkcije jedne promenljive sledi da je

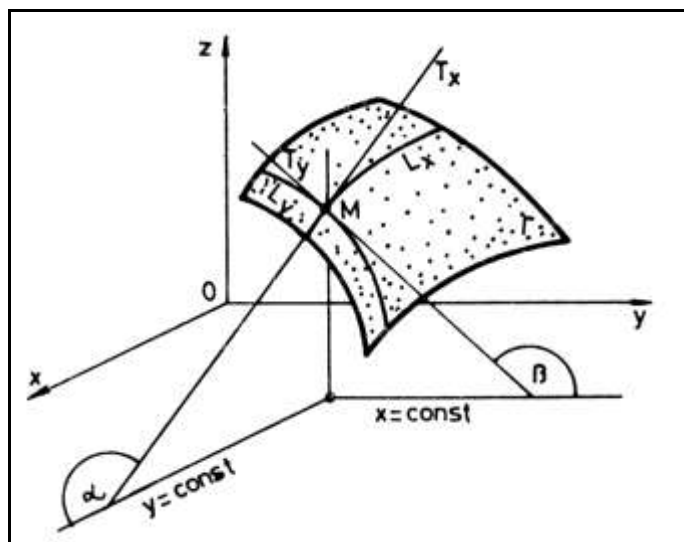
$$\frac{\partial z}{\partial x} = \operatorname{tg} \alpha \quad (2.11)$$

gde je α ugao između tangente T_x krive L_x i pozitivnog pravca x ose u tački $M(x, y, f(x, y))$ (slika 2.22). na sličan način može se naći

$$\frac{\partial z}{\partial y} = \operatorname{tg} \beta \quad (2.12)$$

pri čemu je β ugao između tangente T_y krive L_y i pozitivnog pravca y ose u tački M .

Ukratko, ukupni troškova građevinskog projekta najviše zavise od trajanja projekta. Za tačno određivanje optimalnog trajanja projekta potrebno je sprovesti procedure planiranja. Svako odstupanje od optimalnog trajanja izaziva promene direktnih i indirektnih troškova. Indirektne troškove je najteže odrediti i oni variraju od nivoa rizika kojim je projekat opterećen.



Slika 2.22 Optimalni troškovi na projektu (u zavisnosti od trajanja projekta)

Nakon planiranja odmah treba započeti sprovođenje kontrole realizacije projekta, uz unapred definisanu i prilagođenu proceduru određenom projektu. Uočena odstupanja treba da budu procesuirana kroz proces replaniranja, kao osnova za dalju kontrolu.

2.5 Standardni modeli za kontrolu realizacije projekata

Jedan od bitnih elemenata poboljšanja proizvodnog procesa je sprovođenje kontrole realizacije projekata. Kontrolu realizacije projekata moguće je sprovesti na različite načine (kontrola vremena, ključnih resursa, ukupnih troškova, pojedinih segmanata proizvodnje i dr.). Građevinska proizvodnja nema kontinuirani proizvodni tok i u njoj imamo veliki udeo indirektnih troškova, tako da je vrlo teško sprovesti sveobuhvatni i tačnu kontrolu. Proces mora da se pravilno upravlja da bi se smanjio otpad, tj. ostatak materijala tzv. "škart" i poboljšala efikasnost identifikacijom aktivnosti koje povećavaju vrednost zajedno sa praćenjem vrednosnog toka i besprekornom realizacijom. Metode i alati za poboljšavanje proizvodnog procesa koje se sreću u literaturi su:

- kontinuirano poboljšanje ili "*Kaizen*", u japanskoj terminologiji, uključujući Deming ciklus (Imai, 1991);
- reinženjering poslovnog procesa (Hammer and Champy, 1993);
- "*lean*" koncepcija proizvodnje (Womack and Jones, 1998);
- kompletno upravljanje kvalitetom (Evans and Dean, 2003);
- upravljanje lancima snabdevanja (Burt et al., 2003);
- "*Six Sigma*" (Pande et al., 2000).

"Najvažnija kontrola sa stanovišta investitora je kontrola troškova, koja je u građevinskoj industriji termin koji se koristi za pokrivanje kompletnog spektra

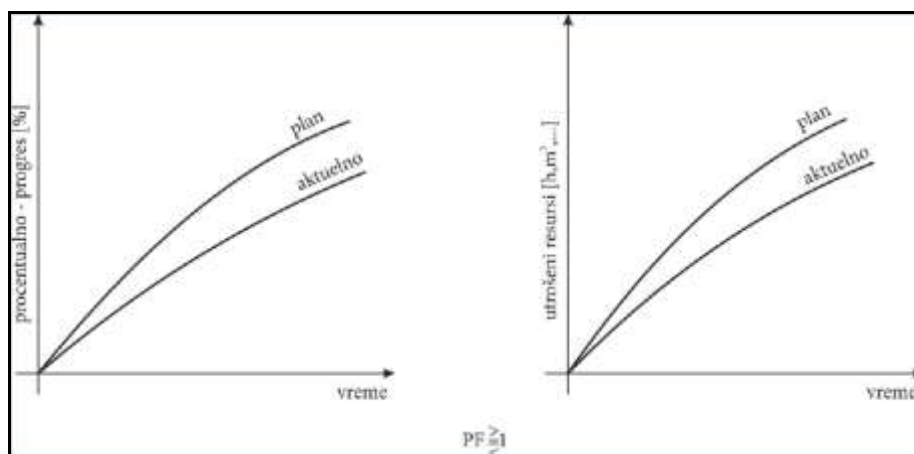
aktivnosti potrebnih za postizanje unapred definisanog cilja" (*Royal Institution of Chartered Surveyors - RICS, 1982*)

Standardni modeli za kontrolu realizacije projekata grubo bi mogli da se podele na:

1. Tradicionalni, gde se realizacija kontroliše kroz odvojenu kontrolu resursa, protoka novca, rokova itd.;
2. Analiza zarađene vrednosti (*Earned Value Analysis*);
3. *Last Planner Sistem*

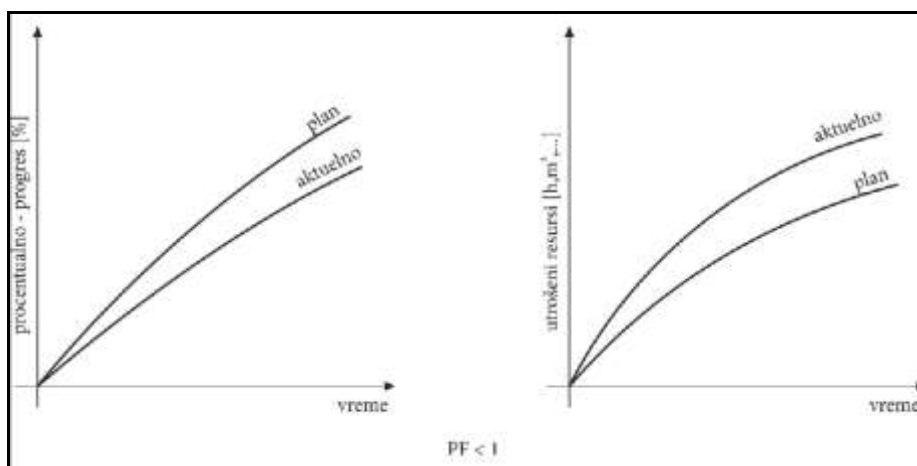
Sprovođenje kontrole realizacije građevinskih projekata je kompleksna procedura, jer se radi o procesu gde se troše različiti resursi, a realizacija zavisi od mnogih faktora. Vrlo često se dešavaju slučajevi da brzina realizacije projekta nije proporcionalna uspešnosti, tj. potrošnja resursa i realizacija (zarađena vrednost) često odstupaju od planiranih veličina. Ovde će biti objašnjeni neki karakteristični slučajevi realizacije projekata, tj. *S krive* progresa i utrošenih resursa i faktor izvršenja (*performance factor*) koji predstavlja količnik zarađene vrednosti i aktuelne (potrošene) vrednosti i biće detaljnije objašnjen u poglavlju 2.5.3.

Za sveobuhvatno sagledavanje uspešnosti građevinske proizvodnje potrebno je prikazati sledeće kombinacije *S krivih*, tj. dijagrama. Za pravilno prikazivanje faktora izvršenja potrebno je uporediti *S krive* utrošenih resursa i progresa. Slučaj prikazan na slici 2.23a je karakterističan slučaj gde je progres manji od planiranog, kao i potrošnja resursa (krive progresa i utrošenih resursa). U ovom slučaju faktor izvršenja *PF* može da bude veći, jednak ili manji od 1 i treba proveriti nagibe krivih, i ukoliko je prosečan nagib krive progresa veći od prosečnog nagiba krive potrošnje resursa *PF* je veći od 1 i radi se o uspešnoj realizaciji projekta.



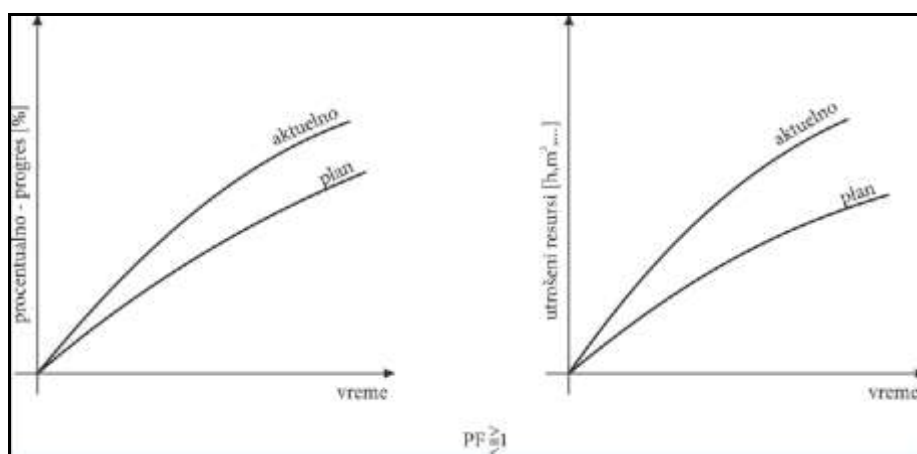
Slika 2.23a *S krive progresa i utrošenih resursa – planirano i aktuelno - I slučaj*

Na slici 2.23b prikazan je slučaj kada je progres manji od planiranog, a potrošnja resursa veća od planirane. U ovom slučaju faktor izvršenja je manji od 1, tj. projekat se neuspešno realizuje.



Slika 2.23b S krive progresa i utrošenih resursa – planirano i aktuelno - II slučaj

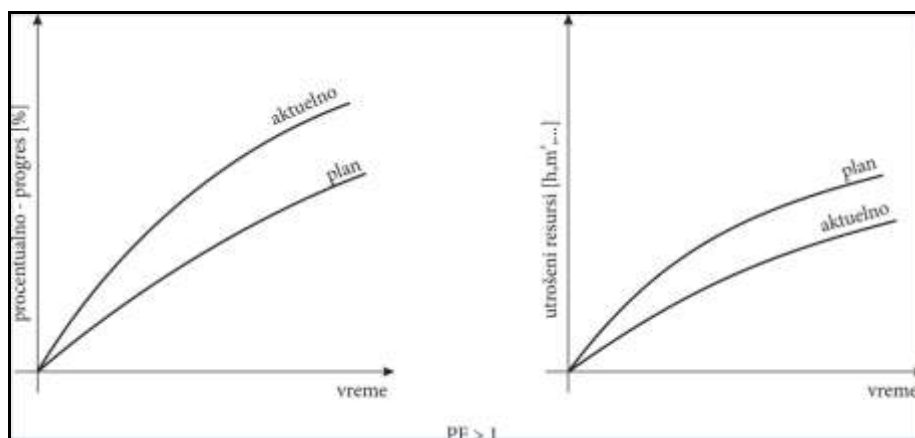
Na slici 2.23c progres i utrošak resursa su veći od planiranih vrednosti. U ovom slučaju faktor izvršenja PF može da bude veći, jednak ili manji od 1. Detaljna analiza treba da obuhvati proveru nagiba krivih, i ukoliko je prosečan nagib krive progresa veći od prosečnog nagiba krive potrošnje resursa radi se o uspešnoj realizaciji projekta.



Slika 2.23c S krive progresa i utrošenih resursa – planirano i aktuelno - III slučaj

Na slici 2.23d prikazan je slučaj kada je progres veći od planiranog, a potrošnja resursa manja od planirane. U ovom slučaju faktor izvršenja je veći od 1, tj. projekat se uspešno realizuje.

Ovakva analiza faktora izvršenja je ključna u sagledavanju uspešnosti realizacije, i treba da bude prisutna u svakom modelu za kontrolu realizacije projekata. Model koji će biti predložen u nastavku ove disertacije će biti zasnovan na ovom principu.



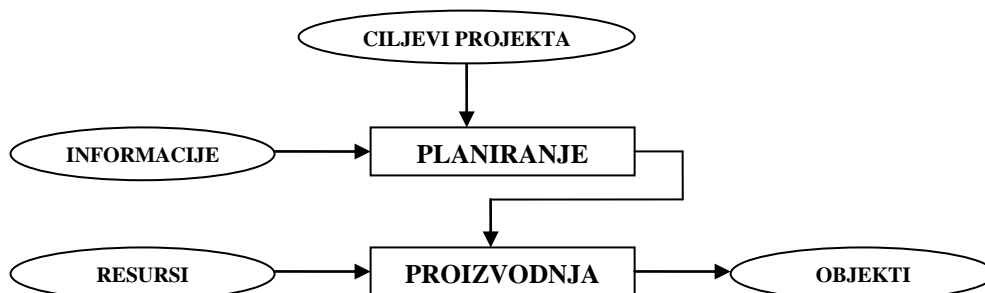
Slika 2.23d S krive progressa i utrošenih resursa – planirano i aktuelno - IV slučaj

Iako je napomenuto u prethodnom poglavlju da su modeli za kontrolu realizacije projekta gde se odvojeno kontrolišu vreme i troškovi neefikasni, ovde će ukratko biti objašnjen tradicionalni model koji se još uvek često koristi u praksi.

2.5.1 Tradicionalni dinamički model za kontrolu troškova

Građevinsko preduzeće u tradicionalnom sistemu građevinarstva je veliki sistem, koji se neprekidno razvija i proširuje, i to kako organizaciono tako i otvaranjem i proširivanjem postojećih pogona za proizvodnju. Projekat (tj. gradilište kao privremeni profitni centar) je samo deo sistema, tako da on donosi profit ali su troškovi ne samo oni koji se ostvaruju na gradilištu već i troškovi u projektnim biroima, skladištima, transport itd. U ovakvim sistemima vrlo često rukovodstvo ne može da dobije informaciju o troškovima poslovanja svakog profitnog centra, posebno u slučaju kada oni nisu dislocirani od stalnih (stabilnih) pogona preduzeća. U praksi imamo čest slučaj da se na projektima angažuju dodatni resursi iz razloga promena u tokovima proizvodnje, a posebno ukoliko dođe do prekida toka proizvodnje i naknadnog ubrzanja toka radi dostizanja unapred definisanog plana.

"Planiranje proizvodnje sprovodi se na osnovu informacija sa tržišta i prethodnih projekata, i ciljeva projekta, i na osnovu plana se organizuje i realizuje proizvodnja. Ovaj tradicionalni pristup se u britanskoj terminologiji naziva *push* pristup proizvodnji i prikazan je na sledećoj shemi. U ovom sistemu planiranja odgovorni planeri pripremaju generalne dinamičke planove (*pull schedules*), određuju optimalni redosled aktivnosti i dodeljuju vremenske rezerve da bi se osigurala stabilnost dinamičkog plana" (Stojadinović Z., 2007).



Slika 2.24 Tradicionalni push pristup proizvodnji

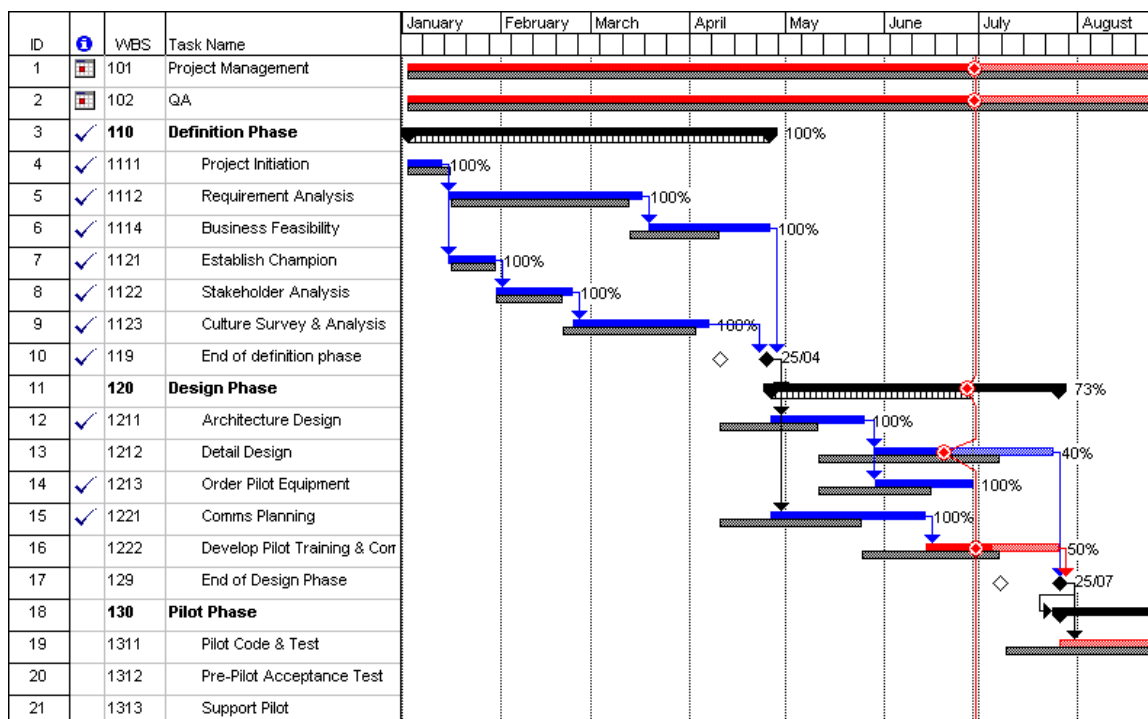
Iskazivanje procenta izvršenja i upoređivanje sa planom je tradicionalni pristup meranja izvršenja. Iako grafički vrlo efektan ovaj način kontrole realizacije projekta ne daje kompletnu sliku i izveštaj o uspešnosti realizacije projekta. Na sledećoj slici 2.25 se vidi projekat koji kasni u odnosu na prvobitno definisan plan. Poseban kvalitet korišćenja softvera za izradu dinamičkih planova tehnikama mrežnog planiranja (*Primavera, Microsoft Project, Asta Power Project* i dr.) je u utvrđivanju kritičnog puta, kao i utvrđivanju izmene kritičnog puta u toku realizacije projekta. Vrlo često usled produžavanja trajanja aktivnosti koje nisu na kritičnom putu dolazi do pojave kritičnih aktivnosti u delovima plana koji nisu prethodno bili tako identifikovani.

Na slici 2.25 je prikazana i linija progressa na kojoj se vide odstupanja od plana. Proračun trajanja aktivnosti se vrši na osnovu planiranog i aktuelnog trajanja i procenta izvršenja.

Tradicionalni model za kontrolu troškova podrazumeva statičku i dinamičku kontrolu troškova prema (Ivković B., Popović Ž., 2004), ali će ovde biti objašnjen samo dinamički model zbog veće efikasnosti. Statički model za kontrolu realizacije projekta se bazira na unapred definisanom budžetu, ali bez planirane dinamike trošenja resursa. Njegov osnovni nedostatak je što se poremećaji najčešće kasno otkrivaju, a za analizu u toku realizacije projekta treba sprovesti dodatne proračune koji su dosta komplikovani i nisu standardizovani.

Dinamički model za kontrolu realizacije projekata podrazumeva definisanje plana u kome se daje dinamika realizacije aktivnosti, sagledava kompletna struktura troškova i *cash flow* u skadu sa vremenom realizacije pojedinih aktivnosti. Tradicionalna praksa ugovaranja u građevinarstvu predviđa sklapanje ugovora između investitora i izvođača na osnovu unapred izrađenog projekta (idejni, detaljni, specifikacija materijala i opreme i dr.). Iako se u savremenoj praksi upravljanja projektima pokušava da eliminiše predmer i predračun radova (*bill of quantity*) kao sastavni deo ugovora, praksa je pokazala da je jako teško ustanoviti jedinstvenu cenu na početku projekta. Vrlo često tokom realizacije projekta dolazi do izmena količina radova, posebno na infrastrukturnim projektima gde najčešće geotehnički istražni radovi nisu dovoljno detaljno ili tačno odrađeni. Ovo je i najčešći razlog odštetnih zahteva u građevinarstvu. Savremeni tipovi ugovora predviđaju rešavanje sporova angažovanjem nezavisnog organa na projektu, međutim, to nije uvek primenljivo tako da vrlo često dolazi do skupih i dugotrajnih sporova.

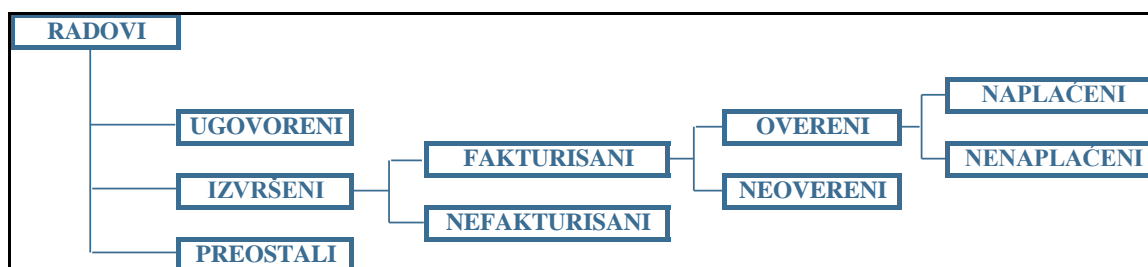
2.STANDARDNI MODELI ZA KONTROLU REALIZACIJE PROJEKATA



Slika 2.25 Primer ažuriranog dinamičkog plana sa ucrtanom liniom progressa

Na slici 2.26 se vidi da se ugovoreni radovi nakon početka realizacije projekta mogu podeliti na izvršene i preostale, pri čemu njihov zbir ne mora biti jednak ugovorenim radovima. U tom slučaju imamo naknadne i nepredviđene radova, kao posledica loše procene na početku radova. Izvršeni radovi se fakturišu i nakon overavanja od strane nadzornog organa naplaćuju od investitora.

Ovaj sistem kontrole projekata se sprovodi u tradicionalnom sistemu naplate građevinskih radova, koji podrazumeva fakturisanje izvršenih radova na gradilištu, overavanje od strane nadzornog organa i naplatu. Model kontrole je baziran na identifikaciji ovih podataka i njihovom upoređivanju.



Slika 2.26 Sistem naplate radova – tradicionalni pristup

Sledeća tabela daje mogući način kontrole naplate radova. Kontrola se sprovodi po pojedinim radnim - WBS jedinicama (paketima), koji mogu biti funkcionalne jedinice,

2.STANDARDNI MODELI ZA KONTROLU REALIZACIJE PROJEKATA

vrste radova ili prosto stavke iz predmera. Suština je da se prikažu izvršeni radovi, naplaćeni i nenaplaćeni radovi.

"Posebna teškoća u dinamičkoj kontroli troškova je to što ni jedan od opšte prihvaćenih modela za procenu troškova (elementarni model, predmer i predračun radova, parametarski model) ne obezbeđuje sasvim jasnu vezu između procenjenih troškova i procenjenog vremena" (Ivković B., Popović Ž., 2004).

Tabela 2.7 Kontrola naplate na građevinskom projektu

NAZIV WBS / OBS JEDINICE	I Z N O S									%		
	UKUPNO ZA IZVRŠENJE	STVARNO IZVRŠENJE	OVERENI RAD PO GRADEV. KNJIZI	FAKTUR. RADOVI (PO SITUACIJI)	OVERENA SITUACIJA	NAPLAĆ. NENAP. RAD	OVERENI NENAP. RAD	IZVRŠENI NENAP. RAD	PREOST. RADOVI	IZVRŠENJE (4)/(3)*100	NAPLAĆENI RADOVI (8)/(6)*100	NENAPLAĆENI RADOVI (9)/(6)*100
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
							(4)-(7)	(3)-(7)	(2)-(3)			
									-			
									-			
									-			

Kontrola naplate na građevinskom projektu je proračun čiji je cilj dobijanje procenta izvršenih, naplaćenih i neneplaćenih radova, a upoređivanjem ovih veličina sagledava se stanje realizacije na projektu. Ovakvu analizu je posebno važno sprovoditi na rizičnim tržištima, kako bi izvođač radova u svakom trenutku imao informaciju o dinamici naplate na svakom projektu i delu projekta. Na osnovu ovih informacija može se u svakom trenutku doneti odluka o daljoj strategiji realizacije projekta.

Sastavni deo dinamičke kontrole troškova je dinamički plan realizacije, sa dodeljenim finansijskim sredstvima ili resursima po pojedinim aktivnostima, čime se dobija plan angažovanja finansijskih sredstava (*cash flow*). Iz ovog plana je moguće izvesti planirano angažovanje finansijskih sredstava do presečnog stanja, dok je izvršeno do presečnog stanja moguće dobiti fakturisanjem troškova ili evidentiranjem izvršenih radova. Ovakvu analizu moguće je sprovesti i za ključne resurse, a ukoliko kadrovi i informacije to dozvoljavaju i za pojedine resurse.

Tabela 2.8 Upoređenje planiranih i izvršenih radova

KOD	OPIS RADOVA POZICIJE	JEDINICA MERE	K O L I Č I N A						%		
			U K U P N O			PRESEČNO STANJE			PREOSTALO ZA IZVRŠENJE	IZVRŠENO DO PRESEČNOG STANJA (8)/(7)*100	UKUPNO IZVRŠENO DO PRESEČNOG STANJA
			UGOVORENA	PREMA PROJEKTU	UKUPNO ZA IZVRŠENJE	PLAN DO PRES.STAN.	IZVRŠ. DO PRES.STAN.	(9)=(6)-(8)			
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	
							-	-	-		
							-	-	-		

Prvobitan plan angažovanja finansijskih sredstava ili ključnih resursa se najčešće menja tokom realizacije projekata, tj. nakon razrađivanja projekata. Procenat izvršenja predstavlja količnik izvršenih i planiranih veličina do presečnog stanja. Za kompletnu kontrolu stanja projekta potrebno je imati procenat izvršenja za sve radne WBS pakete na projektu, jer je jako važno sagledati na kojim pozicijama dolazi do najvećih odstupanja.

Tradicionalni model se u domaćoj praksi upravljanja projektima najčešće koristi i pored mnogih nedostataka. Na projektima na kojima je vreme realizacije striktno određeno i gde se kašnjenja dodatno naplaćuju primena ovakvog modela za kontrolu realizacije nije odgovarajuća, već treba primenjivati modele kojima mogu da se odrede poremećaji u realizaciji na svim pozicijama i u svim fazama projekta, i da se na osnovu tih informacija primene odgovarajuće organizacione mere i eventualno angažovanje dodatnih resursa kako bi se ostvario prvobitni plan.

2.5.2 Analiza zarađene vrednosti (*Earned Value Analysis - EVA*)

Analiza zarađene vrednosti je realno primenljiva tehnika upravljanja projektom za merenje progressa (realizacije). "Ova tehnika za kontrolu realizacije pruža mogućnost da se kombinuje merenje obima radova, plana i troškova u jedinstvenom integrisanom sistemu. Integracija troškovnog i vremenskog sistema kontrole je prirodan interes građevinskih profesionalaca, zato što tačan 'status' projekta može biti procenjen samo ako su međuzavisnost troškova i planiranog roka ispitani" (Hinze J. W., 2008).

Kada se pravilno primenjuje, analiza zarađene vrednosti obezbeđuje rano upozorenje problema realizacije. U praksi se pokazuje da prosto poređenje planiranog i ostvarenog ne mora uvek da bude pouzdan pokazatelj performansi projekta. "Da bi se uspostavila sveobuhvatnija kontrola realizacije projekta, potrebno je da se pokazatelji o obimu, vremenu i troškovima integrišu i proračunavaju kao međusobno zavisne veličine. Taj uslov zadovoljava analiza koja se zasniva na proračunu zarađene vrednosti (*Earned Value Analysis*)" (Ivković B., Popović Ž., 2004).

Odvojeno praćenje troškova i vremena realizacije na projektu može da dovede u zabludu, npr. troškovi su vrlo mali ali je projekat u kašnjenju. Zbog toga je potrebno znati koliki su aktuelni troškovi na projektu u odnosu na očekivane, a takođe i gde se projekat nalazi u odnosu na plan (vremenski). Ova problematika je grafički detaljno prikazana u poglavlju 2.5 na slikama 2.23 a,b,c,d.

Merenje procenta realizacije je vrlo osetljiva aktivnost u kontroli realizacije projekta, iz razloga da je svaki projekat (objekat) jedinstven i specifičan. Kako se prilikom primene nekih tipova ugovora u savremenom upravljanju projektima izbegava da predmer i predračun radova (*bill of quantity*) bude deo ugovorne dokumentacije, treba da se definiše u ugovoru završetak kojih pozicija predstavlja određeni procenat realizacija kompletnog projekta. Na primer, prema (Hinze J.W., 2008) za objekte visokogradnje 10% realizacije je završetak fundiranja na objektu, a 50% ja kada je objekat kompletno suv (izvedena konstrukcija + svi zidarski radovi + spoljna stolarija). U tabeli 2.9 data je analiza na osnovu podataka koji su prikupljeni u ovoj disertaciji.

Merenje realizacije na projektima je vrlo teško sprovesti i ovde je dat predlog koji je primenjivan u praksi za kalkulaciju realizacije. Ovaj predlog procenjenih procenata realizacije je predlog autora ove disertacije, i uspešno je korišćen prilikom kontrolisanja realizacije analizom zarađene vrednosti na nekoliko velikih građevinskih projekata:

Projektantske aktivnosti (izrada projektne dokumentacije) – meri se napredovanje na crtežima kao glavnom izlaznom proizvodu

Započet rad na crtežu, tj. izrada crteža je u toku	10%
Završen crtež koji ide na internu kontrolu u okviru projektantske organizacije	60%
Crtež je poslat na reviziju, tj. na kontrolu kod Investitora/Konsultanta	75%
Crtež je vraćen sa komentarima	90%
Konačno prihvatanje od strane investitora	100%

Izgradnja i montaža opreme – meri se kompletna realizacija na pojedinim pozicijama

Izrada specifikacija i radioničkih crteža od strane Izvođača	10%
Nabavka materijala	30%
Izrada pojedinih sklopova u radioničkim uslovima	60%
Montaža na gradilištu završena	90%
Testiranje i prijem od strane nadzornog organa	100%

Ovo nije opšte prihvaćena metodologija procene progressa već iskustveno opažanje autora ove disertacije. Problem naplate izvršenih radova na velikim građevinskim projektima koji je direktno uslovljen procentom izvršenja, utiče na funkcionisanje građevinskog preduzeća, njegovu likvidnost i na uspešnost kompletne građevinske privrede.

Podaci koji su prikupljeni prilikom izrade ove disertacije odnose se na troškove građenja objekata visokogradnje. Struktura troškova za ove objekte je predstavljena kroz sledeće elemente, i prikazana je u tabeli 2.9:

- zemljani radovi, fundiranje i konstrukcija ispod kote ± 0.00 ;
- konstrukcija iznad kote ± 0.00 ;
- fasada i krov;
- unutrašnji završni radovi;
- instalacija i oprema;
- spoljno uređenje.

Posmatrano sa planerskog aspekta, prve tri elementa ove strukture bi mogla da se izvode bez preklapanja, ukoliko se ne zahteva skraćivanje trajanja građenja i ukoliko se ne radi o izuzetno visokim zgradama. Ovde će se razmotriti određivanje srednje (očekivane) vrednosti, varijanse, standardne devijacije i koeficijenta varijacije na osnovu poznatih statističkih podataka o troškovima na više objekata, odnosno skup objekata Ω .

Nivo promenljivosti u formi "koeficijenta varijacije", koji omogućuje da se napravi upoređivanje između promenljivosti podataka iste veličine, i daje se kroz količnik standardne devijacije i aritmetičke sredine uzorka.

Istraživanja koeficijenta varijacije učinaka pojedinih vrsta građevinskih radnika koja su sprovedena u Velikoj Britaniji od strane *Derek Beeston* rezultirala su sledećim rezultatima:

- radovi na iskopu	45%
- betonski radovi	15%
- zidarski radovi	26%

Ovo je logičan rezultat jer radovi koji su opterećeni velikim brojem rizika imaju i veći koeficijent varijacije prosečnih rezultata.

2.5.2.1 Matematička interpretacija načina procenjivanja procentualnog učešća pojedinih pozicija

Neka je broj objekata n (prikupljeni su podaci za 60 objekata visokogradnje koji su prikazani u tabeli 2.9), i neka su poznati ukupni troškovi C_i po m² bruto izgrađenog prostora (kolona 7), troškovi zemljanih radova i konstrukcije ispod kote ± 0.00 C_j po m² bruto izgrađenog ukupnog prostora (kolona 1), troškovi konstrukcije iznad kote ± 0.00 C_k po m² bruto izgrađenog ukupnog prostora (kolona 3) i troškovi fasade i krova C_l po m² bruto izgrađenog ukupnog prostora (kolona 5).

Ako se procenati PZP_j (kolona 2), PZP_k (kolona 4) i PZP_l (kolona 6) shvate kao elementarni događaji koji pripada skupu događaja PZP (procenat od ukupnih troškova izgradnje)

$$PZP = \{PZP_1, PZP_2, \dots, PZP_n\} \quad (2.13)$$

i ako se svakom od ovih događaja pridruži broj p_i ; $0 \leq p_i \leq 1$

$$p_i = \frac{C_i}{\sum_{j=1}^n C_j}, \quad i = 1, 2, \dots, n. \quad (2.14)$$

C_i - su pojedini troškovi po elementima WBS strukture (konstrukcija ispod kote $\pm 0,00$, konstrukcija iznad kote $\pm 0,00$, fasada i krov itd.)

2.STANDARDNI MODELI ZA KONTROLU REALIZACIJE PROJEKATA

$$\sum_{j=1}^n C_j - \text{ukupni troškovi građenja}$$

p_i predstavlja verovatnoću elementarnih događaja PZP_i , tj. verovatnoću da procenat značajnih pozicija radova na objektu bude O_i

Tabela 2.9 *Struktura troškova različitih objekata visokogradnje*

Tip	Lokacija	konstrukcija ispod kote ±0,00 i zemljani radovi (substructure and earth works)	konstrukcija iznad kote ±0,00 (superstructure)	fasada krov (envelope)	završni radovi (finishes)	instalacije (installations)	spoljnje uređenje	troškovi građenja po m ² BGP
stambeni	Rusija	138.4	114.0	276.8	218.0	215.1	124.0	1167.0
stambeni	Rusija	212.1	71.0	112.5	232.0	192.5	112.0	952.0
stambeni	Rusija	132.0	110.8	297.3	265.0	141.9	32.0	1011.0
poslovni	Centralno Istocna Evropa	176.7	158.3	411.6	260.9	149.5	29.0	1203.0
trzni centar	Centralno Istocna Evropa	80.2	254.9	113.1	260.9	392.9	64.0	1221.4
trzni centar	Centralno Istocna Evropa	112.7	223.3	38.3	111.9	149.7	51.0	805.05
stambeni	Centralno Istocna Evropa	79.1	51.7	304.5	79.8	294.1	62.5	927
sportska dvorana	Rusija	38.9	195.7	74.9	40.9	374.5	36.0	787.0
sportska dvorana	Rusija	41.8	199.3	74.9	40.9	412.3	38.0	833.7
Hotel	Rusija	208.8	173.9	127.6	244.5	268.9	45.0	1189.0
poslovni	Centralno Istocna Evropa	34.5	117.2	116.7	114.4	23.3	21.2	452.2
stambeni	Centralno Istocna Evropa	18.0	169.8	52.3	82.7	91.6	29.4	443.8
poslovni	Srednja Azija	112.0	298.0	176.8	192.6	289.5	69.9	1150.5
stambeni	Srednja Azija	3.5	105.5	85.0	114.0	199.0	36.0	555.0
stambeni	Centralno Istocna Evropa	58.0	266.0	121.3	128.8	113.7	5.3	693.0
Hotel	Rusija	36.0	187.0	179.8	20.5	176.0	66.0	665.2
sportska dvorana	Centralno Istocna Evropa	20.5	395.6	243.9	250.3	540.0	291.4	1741.7
stambeni	Centralno Istocna Evropa	22.5	152.5	97.7	146.0	82.5	28.5	551.9
stambeni	Centralno Istocna Evropa	22.0	123.8	49.1	50.6	57.5	7.6	310.6
stambeni	Centralno Istocna Evropa	21.0	118.5	32.7	72.5	47.4	24.0	316.0
stambeni	Centralno Istocna Evropa	24.8	147.5	99.9	137.8	57.2	0.6	467.9
stambeni	Centralno Istocna Evropa	13.2	210.6	53.5	166.0	104.0	37.4	584.7
stambeni	Centralno Istocna Evropa	17.0	124.2	36.5	49.9	49.7	28.0	305.3
stambeni	Centralno Istocna Evropa	20.0	107.7	35.6	45.7	49.0	25.7	283.7
poslovni	Rusija	269.9	99.4	150.8	238.0	244.5	67.0	1078.6
poslovni	Rusija	12	212	556.0	708.3	385.0	5.0	2010.0
stambeni	Rusija	53.0	134.5	145.6	182.0	164.7	62.0	852.6
stambeni	Centralno Istocna Evropa	67.6	189.8	251.2	120.0	89.3	54.2	772.1
poslovni	Rusija	92.5	48.1	90.5	35.7	199.0	43.8	509.6
trzni centar	Rusija	101.0	196.2	192.6	62.8	227.4	12.5	810.5
sportska dvorana	Rusija	59.2	230.4	85.2	36.7	314.1	86.8	822.7
poslovni	Rusija	32.0	210.0	432.0	721.1	320.8	12.0	1823.0
hala	Centralno Istocna Evropa	71.0	114.3	72.7	12.0	22.0	53.0	345.0
hala	Centralno Istocna Evropa	72.9	113.4	108.7	12.5	23.4	53.0	383.9
hala	Centralno Istocna Evropa	131.0	129.2	170.7	71.5	166.5	106.6	775.5
trzni centar	Centralno Istocna Evropa	92.0	106.8	87.0	91.5	165.0	119.6	661.9
trzni centar	Centralno Istocna Evropa	86.8	107.2	93.3	15.1	165.0	119.6	587.0
hala	Centralno Istocna Evropa	45.0	120.0	95.0	89.0	130.0	599.5	1078.5
hala	Rusija	86.8	264.8	164.0	33.5	162.0	225.8	936.9
poslovni	Rusija	71.4	106.6	96.1	25.9	196.0	55.5	575.8
poslovni	Rusija	211.6	197.0	185.2	222.2	229.3	12.6	1057.9
poslovni	Rusija	207.9	171.7	176.2	259.9	255.7	12.5	1083.8
poslovni	Rusija	275.8	240.0	301.1	317.2	375.8	16.4	1526.3
trzni centar	Rusija	309.1	67.9	124.5	328.0	228.0	54.0	1234.0
sportska dvorana	Rusija	187.3	217.6	151.7	75.2	571.1	135.0	1337.8
trzni centar	Rusija	144.2	113.3	32.5	67.5	282.5	37.5	677.5
sportska dvorana	Rusija	69.2	186.9	140.8	50.2	214.0	142.0	803.1
trzni centar	Rusija	52.9	150.0	113.9	64.6	189.6	58.5	629.5
trzni centar	Rusija	151.8	178.1	100.9	131.0	206.4	11.3	779.5
stambeni	Rusija	165.4	163.3	382.1	93.9	246.1	334.8	1385.6
stambeni	Rusija	218.4	220.0	542.0	64.5	259.3	382.6	1686.8
stambeni	Rusija	225.5	165.5	499.6	58.7	281.0	349.0	1579.3
stambeni	Rusija	192.7	167.5	439.2	54.2	280.5	397.9	1532.0
poslovni	Centralno Istocna Evropa	208.8	173.9	127.6	244.5	268.9	54.5	1100.7
hala	Centralno Istocna Evropa	124.3	44.6	104.6	131.8	218.0	162.5	810.9
poslovni	Centralno Istocna Evropa	125.0	222.5	125.0	157.5	218.0	175.0	1048.0
hala	Centralno Istocna Evropa	131.0	152.7	147.1	71.5	166.5	84.0	775.4
trzni centar	Centralno Istocna Evropa	70.9	114.9	72.7	122.5	164.2	47.6	592.9
trzni centar	Centralno Istocna Evropa	72.9	113.4	108.7	145.3	171.2	50.2	661.7
hala	Centralno Istocna Evropa	66.0	131.7	105.6	45.2	142.0	42.3	548.7

$$P_i = \Pr\{PZP_i = p_i\} \tag{2.15}$$

onda je

$$p_1 + p_2 + \dots + p_n = 1 \quad (2.16)$$

što sledi iz formule (2.15).

Očekivana vrednost procenta pozicija značajnih radova za skup objekata Ω je:

$$PZP_e = \sum_{i=1} p_i PZP_i \quad (\%) \quad (2.17)$$

Varijansa (dispersija) procenta značajnih pozicija radova

$$V_z = \sum_i p_i (PZP_i - PZP_e)^2 \quad (\%) \quad (2.18)$$

a standardna devijacija,

$$\sigma_z = \sqrt{V_z} \quad (\%) \quad (2.19)$$

Koeficijent varijacije procenta značajnih pozicija radova je

$$v_z = \frac{\sigma_z}{PZP_e} \quad (\%) \quad (2.20)$$

Koeficijent varijacije v_z je značajan pokazatelj odstupanja srednje vrednosti procenta pozicija značajnih radova PZP_i u skupu objekata Ω .

Ako je:

$v_z \leq 5\%$	odstupanja su jako mala - izvanredno odgovara;
$5\% < v_z \leq 10\%$	odstupanja su mala - veoma dobro odgovara;
$10\% < v_z \leq 20\%$	odstupanja su srednja - dobro odgovara;
$20\% < v_z \leq 30\%$	odstupanja su značajna - prihvatljivo;
$v_z > 30\%$	odstupanja su neprihvatljiva - neprihvatljivo.

Pored ovih pokazatelja mogu se još pokazati i momenti:

drugi momenat

$$\mu_2 = V_z \quad (2.21)$$

treći momenat

$$\mu_3 = \sum_i p_i (PZP_i - PZP_e)^3 \quad (2.22)$$

četvrti momenat

$$\mu_4 = \sum_i p_i (PZP_i - PZP_e)^4 \quad (2.23)$$

Na osnovu vrednosti momenata mogu se sračunati *Pearson* - ovi (Pirsonovi) koeficijenti:

$$\beta_1 = \frac{\mu_3^2}{\mu_2^3} \quad (2.24)$$

$$\beta_2 = \frac{\mu_2^2}{\mu_4} \quad (2.25)$$

Ako je $\beta_1 \approx 0$ i $\beta_2 \approx 3$ onda dobijenim podacima za procenite pozicija značajnih radova odgovara normalna (*Gauss*-ova) raspodela.

Dobijeni rezultati su sledeći:

Tabela 2.10 Procenti finansijske realizacije pojedinih faza na objektima visokogradnje

			Radovi ispod kote ±0.00	Konstrukcija iznad kote ±0.00	Fasada i krov
Stambeni	Rusija	Srednja vrednost	14.10%	24.63%	51.68%
		Standardna devijacija	0.038495172	0.022522651	0.058505529
		Koeficijent varijacije	27.29%	9.15%	11.32%
Stambeni	Jugoistočna Evropa	Srednja vrednost	7.18%	39.30%	56.88%
		Standardna devijacija	0.018505291	0.08581366	0.070557697
		Koeficijent varijacije	25.77%	21.84%	12.41%
Tržni centar		Srednja vrednost	20.38%	35.99%	50.35%
		Standardna devijacija	0.052468635	0.044072181	0.078191604
		Koeficijent varijacije	25.74%	12.25%	15.53%
Tržni centar		Srednja vrednost	12.26%	32.50%	43.44%
		Standardna devijacija	0.027372777	0.054262959	0.041133774
		Koeficijent varijacije	22.33%	16.70%	9.47%

Sa stanovišta investitora jako je korisno znati orjentacione prosečne vrednosti procenata angažovanja finansijskih sredstava tokom građenja objekata visokogradnje. Kako su sakupljeni podaci vezani za različite vrste objekata, građena na različitim tržištima, vrlo je interesantno uporediti njihove procentualne odnose. Polazna pretpostavka je da se planiranje izgradnje bazira na izbegavanju preklapanja radova sledećih faza: radovi ispod kote ±0,00 (zemljani radovi, fundiranje objekta, konstrukcija ispod kote ±0,00), konstrukcija iznad kote ±0,00 i fasada i krovna obloga, tj. one se planiraju da se realizuju sukcesivno, međusobno povezane vezama "kraj-početak". Ovakvo planiranje na objektima koji nisu frontalno neograničeno otvoreni, i gde se ne zahteva izuzetno kratak rok građenja je optimalno. Iz prethodne tabele se vidi da su podaci vezani za radove ispod kote ±0,00 najnepouzdaniji, jer im je koeficijent varijacije najveći, ali su ipak prihvatljivi jer im je v_z u opsegu od 20 do 30%, što znači da su odstupanja značajna – prihvatljivo.

Upoređujući izgradnju stambenih objekata u Ruskoj Federaciji i Jugoistočnoj Evropi, vidi se da je procenat angažovanja finansijskih sredstava pri gradnji ispod kote $\pm 0,00$ znatno veći na Ruskom tržištu (14% u donosu na 7%), najviše iz klimatskih razloga (izgradnja podzemnih garaža koje spadaju u podzemni deo objekta). Konstrukcija iznad kote $\pm 0,00$ predstavlja na Ruskom tržištu oko 25% angažovanih finansijskih sredstava, dok je taj procenat u Jugoistočnoj Evropi oko 40%. Razlog za ovo je znatno viši kvalitet i cene zanatskih i instalaterskih radova, kao i ugrađene opreme koji se primenjuju u Rusiji, tako da na te radove otpada visok procenat od ukupnih troškova. Što se tiče procenta angažovanja finansijskih sredstava nakon završetka fasada i krovnih obloga one je sličan na oba tržišta, oko 52% na Ruskom tržištu i oko 57% na tržištu Jugoistočne Evrope.

Što se tiče tržišnih centara, objekata koji se u poslednjih 10-tak godina intenzivno grade na oba obrađena tržišta, objekata koji spadaju u visokogradnju ali su specifični zbog svojih gabarita, niske spratnosti i dr., takođe su podaci za konstrukciju ispod kote $\pm 0,00$ najnepouzdaniji. Izgradnja podzemnih delova objekta na Ruskom tržištu angažuje veći procenat finansijskih sredstava (20,38% u odnosu na 12,26%) iz razloga izgradnje većeg broja podzemnih etaža. Angažovanje finansijskih sredstava na kraju izgradnje kompletne konstrukcije je slično na oba tržišta (36% u Rusiji i oko 32,5% u Jugoistočnoj Evropi). Kvalitetniji fasadni sistemi koji se koriste u Rusiji, kao i klimatski uslovi uticali su da je znatno viši procenat angažovanja finansijskih sredstava posle izgradnje fasada i krovnih obloga (50,5% u donosu na oko 43,5 %).

Dobijeni rezultati se ne mogu smatrati dovoljno pouzdanim pokazateljima za primenu na konkretnim objektima (svaki objekat je specifičan i svojim karakteristikama može znatno da odstupa od prosečnih vrednosti), ali mogu poslužiti kao dovoljno dobar pokazatelj (što pokazuju i odstupanja koja su proverena kroz koeficijent varijacije) prilikom planiranja angažovanja finansijskih sredstava, posebno u slučajevima kada se radi o preduzeću koje se bavi razvojem projekata u građevinarstvu, i planira da finansira izgradnju više projekata u isto vreme.

Uspešna primena analize zarađene vrednosti zavisi od pravilnog definisanja obima radova, tj. aktivnosti i WBS strukture na projektu, kao i dodeljivanja aktivnostima planiranih vrednosti resursa i troškova. Nakon toga je jako važno pravilno definisanje sistema merenja zarađenih vrednosti. U praksi se pokazalo da je ovo najosetljivija aktivnost, jer vrlo često imamo slučaj da progres nije pravilno izmeren (posebno u delu projektantskih aktivnosti).

U okviru metode zarađene vrednosti izdvajaju se sledeće veličine:

BCWS: *Budgeted Cost of Work Scheduled (kriva 1)* (*Budžetski troškovi planiranih radova*) predstavlja planiranu ili budžetiranu sumu za predviđeni rad. Ova mera, koja se takođe naziva i plan projekta, se razvija na početku projekta, i uključuje budžetsku vrednost dodeljenu svakoj aktivnosti iz plana. Dobija se praktično kumulativna kriva troškova, na osnovu prethodno razvijenog dinamičkog plana. BCWS se prikazuje u funkciji vremena.

BCWP: *Budgeted Cost of Work Performed (kriva 2)* (*Budžetski troškovi izvršenih radova*) Ovo je u stvari zarađena vrednost, koja označava budžetske troškove za radove koji su izvršeni do presečnog datuma. Ova vrednost predstavlja periodičnu vrednost radova koji su izvršeni, bazirano na početnoj proceni, i ona se procenjuje na osnovu

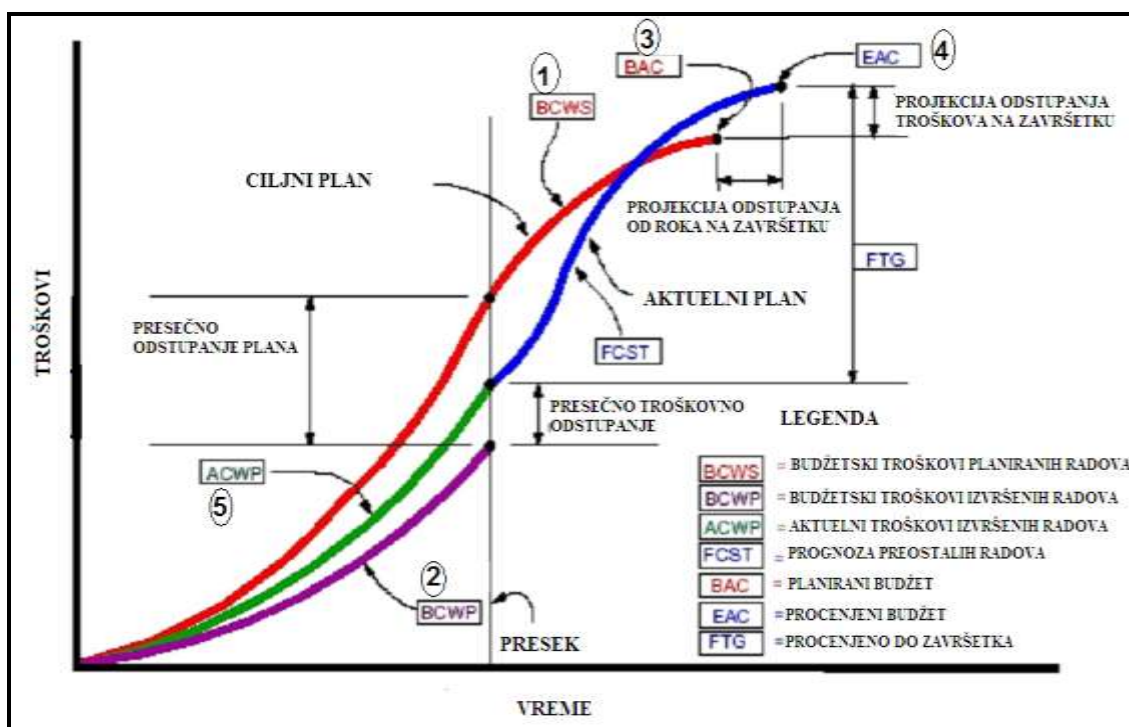
količine radova koji su izvršeni (na osnovu dinamičkog plana) do presečnog stanja, i nakon toga se množi sa budžetskom vrednošću.

BAC: Budgeted Cost at Completion (kriva 3) (Budžetski troškovi na kraju projekta). Ovo su procenjeni troškovi ukupnih troškova građenja. U idealnom slučaju to su procenjeni troškovi na početku projekta, mada najčešće odstupaju od planiranih troškova.

EAC: Estimated Cost at Completion (kriva 4) (Procenjeni troškovi na kraju projekta). Ovo je procena ukupnih aktuelnih troškova potrebnih da se projekat završi, bazirano na izvršenim radovima do presečnog stanja i proceni budućih uslova.

ACWP: Actual Cost of Work Performed (kriva 5) (Aktuelni troškovi izvršenih radova). Ova mera obuhvata zajedno dinamički plan (izvršene radove) i troškove (aktuelne troškove), i predstavlja stvarne troškove izvršenih radova na projektu do određenog trenutka kada se vrši presek stanja.

Na sledećoj slici prikazane su krive tzv. ciljnog plana (budžetski troškovi planiranih radova), aktuelni troškovi izvršenih radova, i tzv. aktuelni plan (prognoza preostalih radova) i budžetski troškovi izvršenih radova i sve veličine vezane za analizu zarađene vrednosti.



Slika 2.27 Prikaz S krivih koje su važne pri primeni analize zarađene vrednosti

Upoređivanjem prethodnih vrednosti dobijamo tzv. varijanse (*variances*):

SV (schedule variance) – vremenska varijansa

$$SV = BCWP - BCWS$$

(SV>0, projekat se realizuje brže od planiranog ; SV<0, kašnjenje)

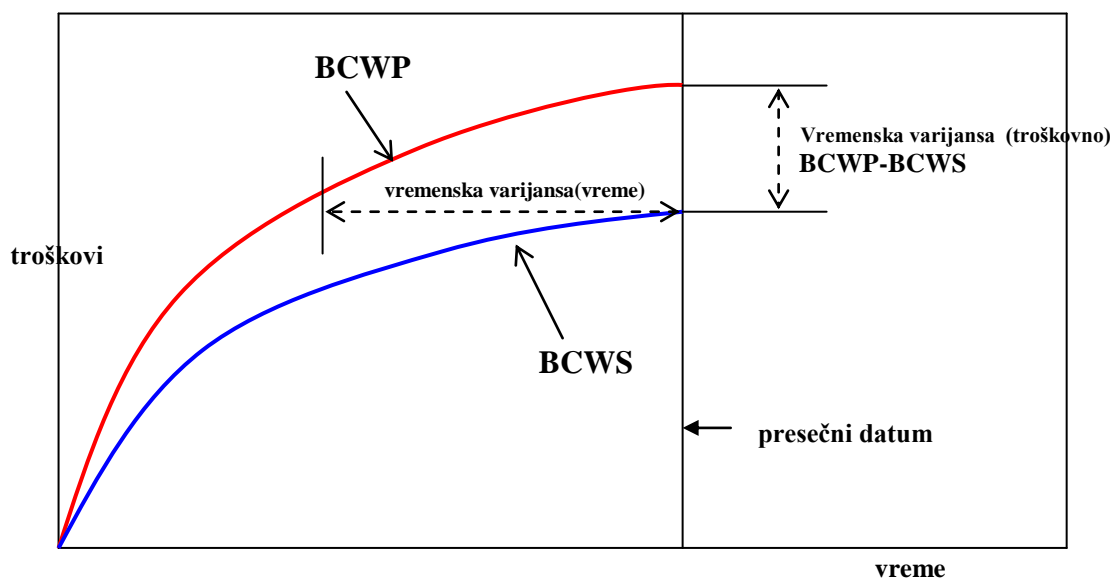
CV (cost variance) – troškovna varijansa

$$CV = BCWP - ACWP$$

(CV>0, ispod budžeta ; CV<0, prekoračenja budžeta)

$$SV = 100 \times SV/BCWS [\%]$$

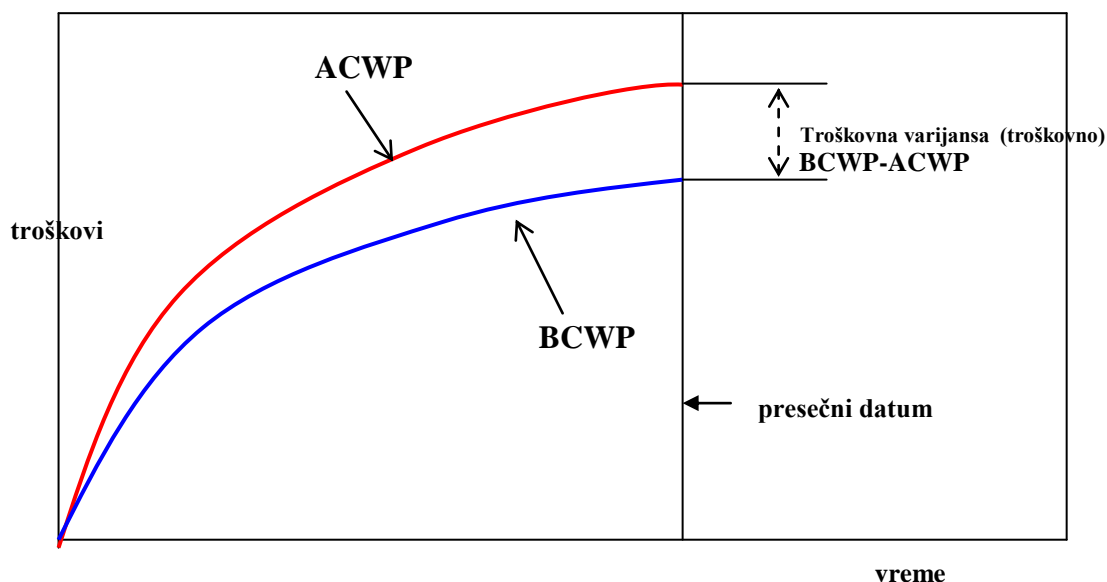
Ova odnos predstavlja procentualno odstupanje od plana bazirano na vrednosti budžetskih troškova.



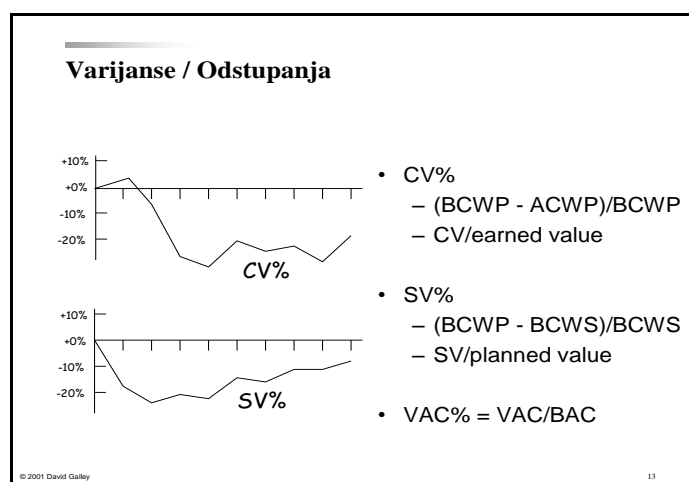
Slika 2.28 Analiza zarađene vrednosti koja prikazuje projekat koji se realizuje ispred plana

$$CV = 100 \times CV/BCWP [\%]$$

Ova mera daje procentualno odstupanje aktuelnih troškova od izvršenih radova budžetirano do presečnog datuma.



Slika 2.29 Analiza zarađene vrednosti koja prikazuje projekat koji se realizuje ispred plana



Slika 2.30 Varijanse (odstupanja) – vremenska i troškovna

Troškovni i vremenski indikatori mogu da se mere i kao:

SPI: Schedule Performance Index: (Indeks vremenskih performansi projekta)

BCWP/BCWS: Ovaj odnos obezbeđuje direktni odnos između izvršenih i planiranih radova baziranih na budžetskim troškovima. Vrednost veća od 1,0 pokazuje da je više radova izvršeno od planiranog, pa je projekat ispred plana.

SPI = BCWP / BCWS (SPI>1: ispred plana, SPI<1 : kašnjenje)

CPI: Cost Performance Index (Indeks troškovnih performansi projekta)

BCWP/ACWP: Ovaj odnos direktno upoređuje budžetske i aktuelne troškove, bazirano na izvršenim radovima. Vrednost veća od 1,0 pokazuje da je budžetska vrednost radova veća od aktuelnih troškova, pa je projekat ispod planiranog budžeta.

CPI = BCWP / ACWP (CPI>1: ispod budžeta, CPI<1 : iznad budžeta)

Ovde je dat primer kako se na praktičan način vrši proračun statusa projekta, tj. sprovodi kontrola realizacije projekta. Ovakva kontrola treba da se sprovodi u određenim vremenskim intervalima (dnevno, nedeljno itd.), da bi se pratio trend promene parametara koji se prikazuju (SPI i CPI). Praćenje se vrši za kompletan projekat kao i za određene delove, tj. elemente radne strukture. Na ovaj način se prate i ostvareni troškovi na projektu, kao i vremenska odstupanja. Primer jednog standardnog proračuna pri kontroli realizacije projekta je prikazana na slici 2.31.

TRENUTNI UKUPNI STATUS						
<i>Baziran na progresu pracenom do 17-Jun-07</i>						
😊	Ukupan BCWS =	€1,705,035 9.19%	Ukupan BCWP =	€1,030,357 5.55%	Ukupan ACWP =	€1,065,574 5.74%
UKUPNI IZLAZNI PROJEKTNII TROŠKOVI				€18,553,091		
<i>Vremenski & Troškovni indeksi izvršenja</i>						
		posmatrani period	prethodni period	ODSTUPANJE	PROMENA	
⊗	SPI =	0.60	0.59	0.02	popravljanje	😊
😊	CPI =	0.97	0.90	0.07	popravljanje	😊
<i>Fizički progres</i>						
	FAZA RADOVA	PLANIRANO	AKTUELNO	KAŠNENJE (%), (=/- NEDELJA)		
😊	Prethodni/pripremni radovi - POSMATRANI PERIOD	15.22%	8.00%	-7.22%	-5	
	Prethodni/pripremni radovi - PRETHODNI PERIOD	13.49%	7.00%	-6.49%	-5	
	Prethodni/pripremni radovi - ODRSTUPANJE	1.73%	1.00%	-0.73%		
😊	Ukupno - POSMATRANI PERIOD	8.07%	1.40%	-6.66%	-14	
	Ukupno - PRETHODNI PERIOD	7.15%	1.23%	-5.92%	-14	
	Ukupno - ODSTUPANJE	0.92%	0.18%	-0.74%		

Slika 2.31 Proračun statusa projekta analizom zarađene vrednosti

Suština kontrole realizacije projekata prikazana na slici 2.31 je u proračunu indeksa vremenskih i troškovnih performansi projekta (*SPI* i *CPI*). Kontrola se sprovodi u određenim vremenskim intervalima (nedeljno ili mesečno), i prati se promena navedenih indeksa. Takođe se prate i procenti od potrošenih budžetskih sredstava, kao i kašnjenja na pojedinim pozicijama.

Za ovakav način kontrole realizacije projekata je važno imati dobro strukturirani i precizan budžet, kao i trajanja određenih pozicija i kompletnog projekta.

2.5.3 *Primer merenja progressa primenom analize zarađene vrednosti*

Sprovođenje kompletne analize zarađene vrednosti sa proračunom svih prethodno objašnjenih koeficijenata je komplikovano, i najčešće je nije moguće sprovesti na svim građevinskim projektima (na kojima nije uspostavljen kompletan sistem upravljanja projektima). Zbog toga se ova analiza često pojednostavljuje, i ovde će biti prikazana dva praktična pojednostavljena načina merenja progressa primenom analize zarađene vrednosti.

Ukupan progres (realizacija) je jako teško sa visokom tačnošću odrediti na građevinskim projektima. Glavni razlozi za to su:

- nekompletno sagledavanje radova, tj. vrlo često svi radovi nisu unapred sagledani. Najčešće svi radovi koji su pobrojani u predmeru i predračunu radova nije kompletan spisak radova koji treba da se realizuje na projektu;
- više puta angažovanje na istim pozicijama, tj. zbog nezadovoljavajućeg kvaliteta se pojedine pozicije rade naknadno, ili se rade ispravke.

Realizacija predstavlja stvarne planirane radove koji su uspešno realizovani. U građevinarstvu, npr. u visokogradnji, armirano betonski element na kome su kompletirani betonski radovi, i koji je prošao kontrolu kvaliteta može se smatrati realizovanim. Samo se takav element može i naplatiti, i to je ta tzv. zarađena vrednost - *Earned Value* (EA). Međutim može se dogoditi i slučaj da element konstrukcije ne zadovolji uslove kvaliteta, pa mora da se sanira, i svi ti troškovi na tim radovima ne ulaze u zarađenu vrednost, već su to aktuelni troškovi projekta.

Da bi se progres tj. napredovanje radova, mogao sa dovoljnom tačnošću sagledati potrebno je svim vrstama radova dodeliti pozicije koje one obuhvataju (WBS strukturiranje sa svim izlazima, tj. *deliverables*), dodeliti im originalni i trenutni budžet (u radnim satima, novčanim jedinicama i dr.), pošto se količine radova najčešće tokom realizacije menjaju.

Merenje progressa je najbitnija aktivnost pri sagledavanju trenutnog stanja na projektu, tj. uspešnosti projekta u posmatranom periodu. Tradicionalni odnosi na projektu predviđaju kontrolu troškova (resursi, novčana sredstva, radni sati i dr.). Zbog toga je pre bilo kakve realizacije (gde se kontrola realizacije smatra neophodnom aktivnošću pri praćenju procesa i tokova na projektu) potrebno proceniti budžet (na svakoj od pozicija). Budžet se procenjuje na osnovu elemenata koje treba isporučiti (projektovanje – crteži; izvođenje – elementi konstrukcije, objekti i dr.), ali i aktivnosti koje se odvijaju na projektu ali kao rezultat nemaju elemente projekta. Pri kvalitetnom planiranju u organizaciji koja ima dobro organizovanu proizvodnju, svaki od elemenata koji se isporučuje (*deliverables*), ili aktivnosti ima unapred predviđen broj sati i ostale resurse, tako da imamo originalni budžet kao polaznu osnovu za kontrolu realizacije na projektu.

Nakon početka realizacije projekta može doći do promena u budžetu (resursi, radne jedinice, novčana sredstva i dr.) usled povećanja količine radova, dodatnih radova, nepredviđenih radova i dr. Trenutni budžet predstavlja osnovu za merenje progressa. Suština analize zarađene vrednosti su tzv. zarađena vrednost (EV) koja se izračunava kao proizvod procenta izvršenja i trenutnog budžeta, i aktuelna (SV) (potrošena vrednost) koja predstavlja potrošene resurse do datuma kontrole na projektu. Uspešnost

se meri tzv. faktorom izvršenja (*performance factor*) koji predstavlja količnik zarađene i aktuelne (potrošene) vrednosti.

$$PF = \frac{EV}{SV}$$

$PF \leq 1$ realizacija slabija ili jednaka planiranoj
 $PF > 1$ realizacija bolja od planirane

Osim ovog faktora procenjuje se i potrebna količina resursa za završetak projekta, kao i ukupna procena resursa koji će biti potrošeni. Varijansa je u ovom slučaju veličina koja predstavlja odstupanje planiranog budžeta na početku projekta i procene resursa koji će biti potrošeni do kraja projekta u trenutku kontrole realizacije na projektu.

Na slici je prikazan proračun ukupnog progressa u fazi projektovanja na jednom velikom razvojnom projektu u petrohemijskoj industriji. Ovde je važno napomenuti da se na osnovu analize zarađene vrednosti vrši totalna procena angažovanja svih resursa u odnosu na budžet koji je prethodno planiran.

UKUPNI PROGRES												
Disciplina	Orig. Br Dok	Tren. Br Dok	Original Radne Jed	Tren Rad Jed	Zaradjeni Sati	Progres	PF	Trenutni Budget	Actuelni sati	Sati do Kraja	TOTALNA PROCENA	Varijansa (Trenutni-Procena)
Tehnologija	2	2	75	75	75	100.0%	0.30	75	223.50	0	224	-149
Mašinski	23	25	706	530	497	93.8%	1.20	706	423.00	13	436	270
Građevinski	9	11	326	376	318	84.6%	0.80	326	379.00	38	417	-91
Instrumentizacija	22	22	352	334	249	75.0%	0.82	352	303.00	79	382	-30
Elektro	18	18	548	528	251	47.5%	1.30	548	193.00	147	340	208
UKUPNO	74	78	2,007	1,843	1,390	75.4%	0.91	2,007	1,521.50	277	1,799	208
Upravljanje projektom								240	564.0	85	649	-409
Ukupni Sati								2,247	2,086	362	2,448	-201

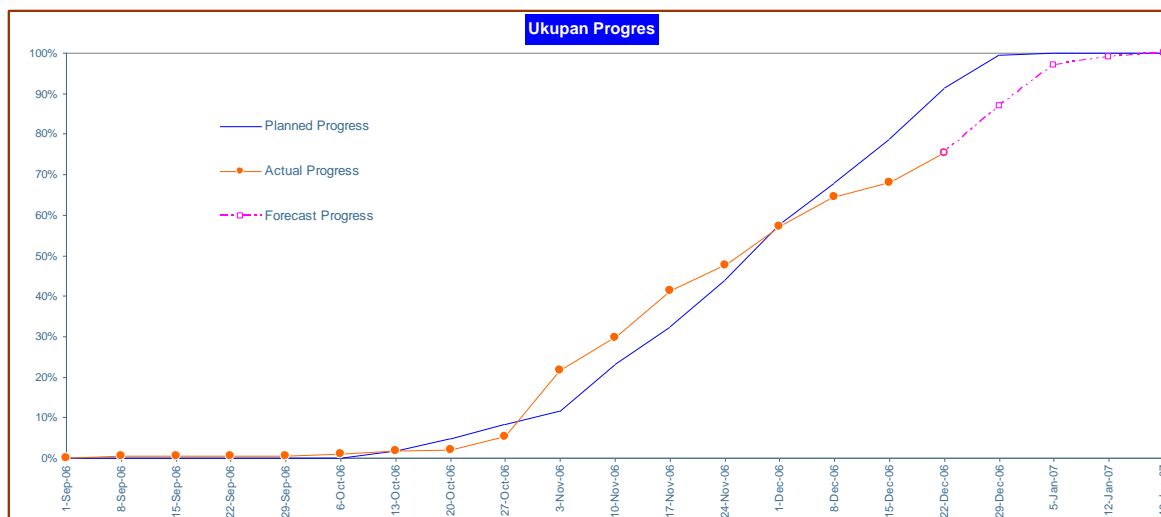
Slika 2.32 Proračun ukupnog progressa u fazi projektovanja – proračun korišćenjem analize zarađene vrednosti na velikom projektu na kome je učestvovao autor ove disertacije

Kontrolu realizacije na projektu treba sprovoditi u ravnomernim vremenskim intervalima (koji treba da budu unapred definisani – nedeljno, mesečno, dnevno praćenje). Zbog toga je prilikom planiranja potrebno izvršiti planiranje potrošnje određenih resursa da bi se ostvario unapred zahtevana realizacija, a potrošnja određenih resursa će biti i kontrolisana. Na ovaj način dobijamo planiranu krivu potrebnih resursa, tj. progressa (S kriva).

Iako se analizom zarađene vrednosti dobija procenat izvršenja kompletnog projekta, promene u trajanju i troškovima i procenjivanje potrošnje do kraja projekta, vrlo često primena nije uspešna iz razloga nedovoljno tačnih ulaznih podataka. Dinamički plan građenja ili kompletnog projekta često sadrži aktivnosti koje su dugotrajne i na kojima je angažovan veliki broj resursa. Procena procenta realizacije je i pored unapred definisanog sistema ocenjivanja često netačna, proizvoljna, subjektivna i proizvodi greške. Osim toga ukoliko imamo resurse koji su angažovani na više aktivnosti na

kojima merimo progres vrlo često se ne može sa dovoljnom tačnošću proceniti koliko vremena su resursi bili angažovani na pojedinim aktivnostima. Iz ova dva razloga prišlo se primeni novog modela kontrole realizacije projekata koji je značajno pojednostavljen i gde se aktivnosti maksimalno dekomponuju, čime se procenat izvršenja ne meri već se posmatra samo završetak kompletne aktivnosti.

Na slici 2.33 je prikazana planirana S kriva, aktuelni progres i prognoza (*forecast*) do kraja projekta, kao grafički prikaz hronološkog merenja progressa predloženom uprošćenom metodom analize zaradene vrednosti.



Slika 2.33 S kriva ukupnog progressa

2.5.4 Poslednji planer ("Last planner")

Dinamičko planiranje korišćenjem tehnike mrežnog planiranja (CPM) je vrlo dobar metod za formiranje redosleda aktivnosti na realizaciji građevinskih projekata. Dinamički plan treba da predstavlja optimalan redosled aktivnosti sa realno procenjenim trajanjima. Međutim, vrlo često se već na samom početku projekta dešavaju poremećaji, dolazi do izmena u samom kritičnom putu, i polazni dinamički plan u originalnoj verziji gubi svoj prvobitni smisao.

U praksi je primećeno da kontrola kompletnog dinamičkog plana zahteva angažovanje kvalitetnih ljudskih resursa i vremena u dinamičnom kretanju projekta, tj. takva kontrola najčešće nije potpuna i efikasna. Zbog toga se najpre pokušalo sa kontrolisanjem pojedinih segmenata dinamičkog plana (npr. 2 – 4 – 6 nedeljni planovi, tj. 2 – 4 – 6 *week look ahead*), ali je i to često stvaralo konfuziju jer se gubio smisao u analizi kritičnog puta.

"Planiranje sa pogledom u budućnost "*Lookahead planning*" je jedna od alatki koje pomažu pri donošenju odluka, a zajedno sa ostalim alatima za kontrolu obrazuju sistem kontrole produktivnosti" (Melles B., Wamelink J.W.F., 1993). Generalni dinamički plan

(master plan) nivoa 1 i 2 treba da bude polazna osnova za kontrolu realizacije projekta primenom *lookahead* planiranja. Kontrola produktivnosti se vrši na segmentu dinamičkog plana i sve promene u realizaciji projekta se unose u generalni dinamički plan (master plan). Produktivnost se prati statistički sa tendencijom da se povećava tokom realizacije projekta.

Razlog za ovaj način kontrole realizacije projekata je u niskoj produktivnosti radnih operacija na gradilištu, tj. velikom procentu vremena koje se ne troši na direktne radne operacije. Tako, istraživanja u Velikoj Britaniji su utvrdila da je proizvodno vreme na gradilištu oko 30% vremena koje radnici provedu na gradilištu, dok je ostatak vremena (70%) vreme koje se potroši na čekanje.

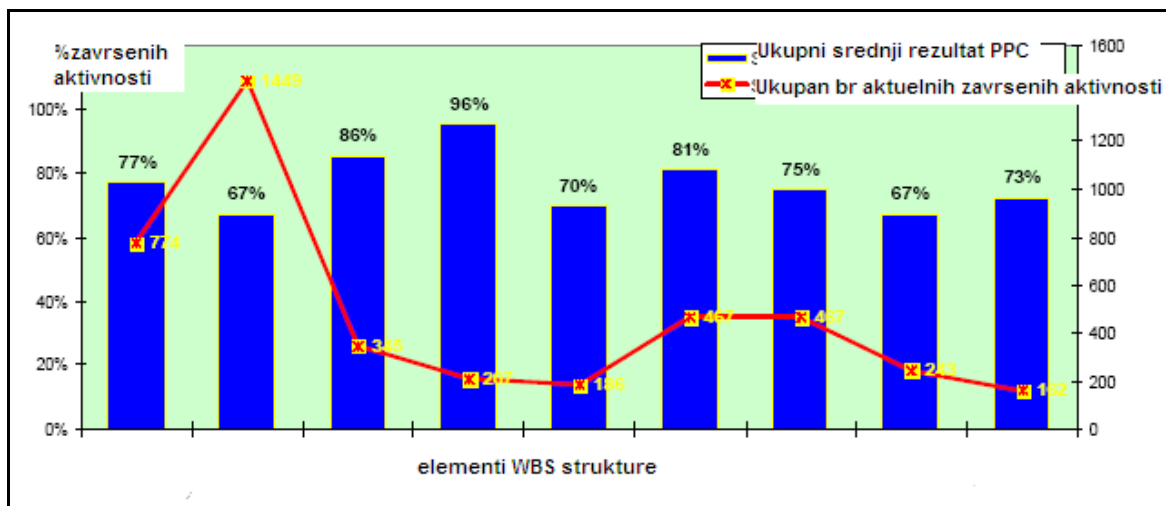
Devedesetih godina je razvijen sistem za operativno planiranje i praćenje pod nazivom "*Last planner*" i promovisan od strane *Lean Construction Institute* u SAD, objavljen od strane *Ballard*-a (1997). Ovaj sistem kontrole realizacije projekata je zasnovan na kontroli izvršenja i produktivnosti i utemeljen je na principu upravljanja lancima snabdevanja. "Sistem "*last planner*" se definiše kao: distributivni sistem za upravljanje projektima i planiranje realizacije zasnovan na "*lean*" koncepciji proizvodnje sa osnovnim ciljem da poveća vrednost (*value*) i minimizira škart (*waste*) na projektu" (Stojadinović Z., 2007). Primarni cilj povećanja produktivnosti je smanjivanje otpada (škarta) prilikom procesa realizacije projekta. Problematika otpada, kojim se može smatrati i višak dopremljenog materijala na gradilište je vrlo specifična sa stanovišta troškova. Gradilište je obično dislocirano od stalnih skladišta preduzeća, tako da sve viškove materijala treba transportovati sa gradilišta u skladišta, sa velikim rizikom da će se oni ikada upotrebiti, ako se ima u vidu da je svaki budući objekat koji preduzeće izvodi specifičan ili unikatan. Troškovi neutrošenog materijala mogu biti dodatno troškovno opterećeni i troškovima transporta i pretovara.

Suština praktične primene sistema "poslednji planer" (*last planner*) je u merenju izvršenja (*performance*), njihovom statističkom praćenju po pojedinim vrstama radova (kao i za kompletan projekat) i utvrđivanju razloga odstupanja od planiranog.

Za pravilno planiranje u ovakvom modelu treba započeti operativno planiranje od plena nivoa 1. Nakon toga se planiraju pojedine faze, i izrada *lookahead* planova u toku svake faze dinamičkog plana. Na osnovu ovih planova izrađuju se *lookahead* programi i sprovodi se analiza ograničenja, i plan izvršenja. Za primenu sistema "poslednji planer" najbolje je uraditi nedeljne planove rada, i čijom kontrolom meri se izvršenje. Merenjem izvršenja dobijaju se PPC, tj. plan, koji se statistički prati i radi se analiza razloga odstupanja od planiranog.

PPC = završene aktivnosti / planirane aktivnosti koje su trebale da budu završene

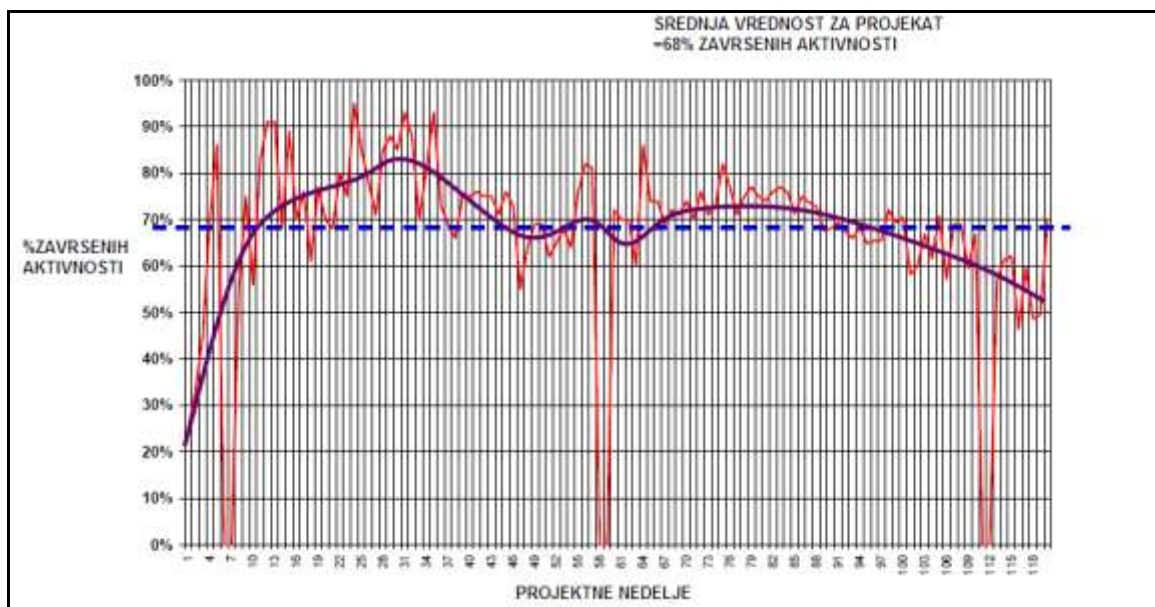
Procenat završenih (kompletiranih) aktivnosti od planiranih treba meriti od samog početka realizacije projekta, i taj procenat treba da konstantno raste i da se teži 100% završavanju planiranih aktivnosti.



Slika 2.34 Histogramsko praćenje ostvarenog progressa

Procenat završetka aktivnosti treba hronološki beležiti, kao i broj aktivnosti koji je bio planiran da bude izvršen u datom periodu. Na sledeće dve slike prikazana su dva načina (histogram i kriva) praćenja procenta završenih aktivnosti.

Osim toga jako je važno praćenje broja aktivnosti koje su planirane da se realizuju u datom periodu, što se i vidi na slici 2.34. Na slici 2.35 prikazan je prosečan procenat izvršenja, kako bi se sagledala najveća odstupanja u određenim periodima.



Slika 2.35 Kriva koja predstavlja promenu progressa na projektu sa izračunatim prosečnom vrednošću

3. MODEL PLANIRANJA GRAĐEVINSKOG PROJEKTA SA AKCENTOM NA FINANSIJSKO PLANIRANJE

3.1 Uvod

U prethodnom poglavlju objašnjeni su standardni modeli za kontrolu realizacije projekata, a takođe i sama struktura troškova građevinskih projekata. Planiranje građevinskih projekata treba da se ba-zira na finansijskom planiranju iz razloga same strukture troškova, tj. velikog procenta indirektnih troškova. Praktično treba sprovesti planiranje i kontrolu direktnih troškova, uz praćenje i stalno upoređivanje indirektnih troškova, kako bi se postigao optimum u smislu vremenskog angažovanja i rasta indirektnih troškova. Resursi koji se angažuju prilikom realizacije projekta će ovde biti ukra-tko objašnjeni.

"Glavni resursi potrebni za realizaciju građevinskih projekata su materijal, mehanizacija i radna snaga. Troškovi se mogu podeliti i na: radnu snagu na gradilištu, materijale i podizvođače, opremu i postrojenja i troškove organizacije gradilišta" (Ferry D., Brandon P., 1991). Najlakše je procenjivati i planirati potrošnju materijala iz razloga procenjivanja i sagledavanja utrošaka samih količina materijala, koje je moguće sa dovoljnom tačnošću procenjivati korišćenjem raznih normativa, načina transporta, skladištenja i pretovara. Upravljanje lancima snabdevanja je savremeni pristup planiranju dopreme materijala na gradilište, minimizacija skladišnog prostora, smanjivanje škarta i dr. Mehanizacija obično predstavlja ključni resurs i treba je generalno podeliti na mehanizaciju koja se angažuje za određenu poziciju u jasno definisanom vremenskom periodu (ovo angažovanje predstavlja neku vrstu direktnog troška) i mehanizaciju koja je permanentno prisutna na gradilištu. Ovi troškovi se moraju posmatrati sa aspekta trajanja projekta, i treba da se jasno definišu u ugovoru između investitora i izvođača radova.

"Radna snaga je resurs koji se angažuje na različitim pozicijama i predstavlja najosetljiviji resurs sa stanovišta troškova. Ako posmatramo kratkoročni model, tj. model koji se odnosi na određeni projekat, vidimo da je ulaz koji se najviše menja radna snaga (npr. angažovanje kranova je teško promeniti tokom projekta, takođe i troškove centralne uprave i drugo). Proizvodni odnos, koji ekonomisti koriste, zadržava zemljište i kapital konstantnim, a pretpostavlja da je radna snaga promenljiva. Ova pretpostavka je podesna u industriji, kao što je građevinarstvo, u kojoj su troškovi radne snage u značajnoj proporciji sa ukupnim troškovima" (Myers D., 2004).

Iako je vrlo teško proceniti budžet angažovanja radne snage na projektovanju i izgradnji još je teže planirati ravnomerno korišćenje ovih resursa. Ranije je napomenuto da se na slabo organizovanim gradilištima i do 70% vremena troši na razna čekanja, tako da je jedini način unapređivanja proizvodnje pretvaranja ovog vremena u proizvodno. Operativno planiranje je jedan od načina boljeg sagledavanja načina angažovanja ljudskih resursa, a savremeni softveri za planiranje i kontrolu u građevinarstvu pružaju mogućnost nivelisanja radne snage. U praksi je najbolje rezultate dalo postepeno uključivanje radne snage na gradilištu uz primenu raznih vrsta

logističkih centara za dopremu materijala na gradilište, kako bi radna snaga bila što bolje uposlena.

Da bi se plan realizovao potrebno je angažovati određene resurse. Angažovanje resursa je jedan od ključnih troškova na projektu. U ovom poglavlju će biti objašnjen model za planiranje građevinskih projekata sa akcentom na finansijsko planiranje, koji predstavlja unapređeni model koji se široko primenjuje u praksi.

Planiranje realizacije građevinskih projekata je veoma teško sprovesti sa aspekta minimiziranja troškova iz više razloga:

- organizovanje gradilišta se obično sprovodi na kompletnom placu (prostoru predviđenom za građenje) čime se otvara širok front rada. Nepovoljnosti ovog načina rada su vrlo česta izmeštanja privremenih objekata, infrastrukture u slučaju da projektovanje nije kompletirano na početku izgradnje ili da dokazi do izmena u projektu. Takođe, sa stanovišta troškova angažovanjem veće teritorije povećavaju se i režijski troškovi gradilišta, osiguranja i dr.;
- građevinska proizvodnja je u tradicionalnom shvatanju proces, i to diskontinuirani, tako da samo planiranje angažovanja ključnih resursa može ujednačiti procese i svesti ih na ujednačeni radni tok;
- brojni rizici opterećuju građevinsku proizvodnju i svaki neplanirani događaj može izazvati poremećaj u delu ili u čitavom radnom procesu;
- kako je angažovanje sopstvenih ljudskih resursa na gradilištu za pojedina izvođačka preduzeća uslov za angažovanje od strane investitora, to predstavlja vrlo često veliki problem u organizacionom smislu. U savremenoj građevinskoj praksi angažovanje podizvođača (*subcontractors*) je standardna praksa. Maksimalno angažovanje sopstvenih ljudskih resursa zahteva dobro planiranje, sa sprovođenjem nivelisanja radne snage, i praktičnim postepenim angažovanjem radne snage na gradilištu, uz prethodno sagledavanje svih rizika eventualnog smanjenja obima posla (u slučaju aktiviranja pojedinih rizika).

Dve ključne aktivnosti prilikom planiranja realizacije projekta su sagledavanje potrebnih resursa i njihovo vremensko raspoređivanje, tj. planiranje njihovog angažovanja. Ranije je objašnjeno da na građevinskim projektima imamo angažovane resurse u direktnoj proizvodnji koji proizvode direktne troškove, a takođe i resurse koji su angažovani tokom celog projekta i koji proizvode indirektne troškove. Iz ovoga se može izvući zaključak da samo koordinisanom i dobro organizovanom proizvodnjom može se svesti trajanje projekta na optimalan rok i time značajno smanjiti ukupne troškove projekta.

3.2 Planiranje angažovanja ljudskih resursa na građevinskim projektima

Planiranje resursa treba sprovesti nakon usvajanja generalne strategije na projektu. Način ugovaranja i sistem naplate predstavljaju osnovne smernice za sprovođenje

3. MODEL PLANIRANJA GRAĐEVINSKOG PROJEKTA SA AKCENTOM NA FINANSIJSKO PLANIRANJE

sistema planiranja resursa, i troškova na projektu. Iako se ova aktivnost najčešće sprovodi od strane izvođača radova nakon sklapanja ugovora, može doći do nepotpunog sagledavanja svih resursa u predugovornoj fazi čime se pojavljuju rizici upućivanja odštetnih zahteva, neispunavanja ugovornih obaveza, kašnjenja radova i dr. Planiranje resursa bi trebalo analizirati već na početku realizacije projekta (u fazi izrade idejnog projektantskog rešenja). Na taj način se već od samog početka eventualno prekoračenje planiranih troškova može identifikovati i u projektnom rešenju potražiti način za smanjivanje troškova (tehnološkim i organizacionim rešenjima, promenom materijala, trajanja projekta i dr.).

Iako u savremenoj praksi upravljanja projektima primena predmera i predračuna radova se vrlo često kritikuje (primećen je veliki procenat odstupanja u količinama radova koji se kalkulišu u predmeru nakon izrade projekta i stvarno izvedenih radova na gradilištima, što je uzrok odštetnih zahteva i sporova na projektima), ipak je sa stanovišta sagledavanja troškova korišćenje ovog tradicionalnog alata vrlo korisno. Na osnovu predmera radova mogu se proračunati orjentacione potrebe za materijalima za izgradnju, dok ljudski resursi zahtevaju sasvim drugačiju analizu.

Kako je generalno ugovaranje (*General contracting*) sve manje primenljiv način sklapanja ugovora i samog realizovanja projekata, to je i razlog da se predmer i predračun radova sve ređe koristi. Kalkulisanje troškova u slučaju generalnog ugovaranja sprovodi na osnovu detaljnog predmera i predračuna radova, a troškovi se kalkulišu množenjem troškova iz predmera i predračuna radova sa tzv. faktorom preduzeća, koji predstavlja sve indirektno troškove i profit. Međutim, u slučaju pojave nepredviđenih i naknadnih radova, jako je teško tačno i objektivno kalkulisati dodatne troškove.

Planiranje realizacije projekata, tj. građevinskih radova se još uvek oslanja prvenstveno na predmere i predračune radova, kao i na aktuelne normative u građevinarstvu. Radovi koji su specificirani u predmeru i predračunu obično predstavljaju samo direktnu troškovnu implikaciju na projektu, tako da svaki plan treba da sadrži i organizaciju i tehnologiju koja će se primeniti u izgradnji kako bi se mogli sagledati i indirektni troškovi.

Ljudski resursi koji se angažuju na realizaciji građevinskih projekata, kao što je objašnjeno u prethodnom poglavlju, mogu da proizvode direktne i indirektno troškove. Direktna proizvodnja je sa planerskog aspekta najvažnija jer bitno utiče i na ostale troškove građevinskog projekta (promena trajanja projekta direktno utiče na ostale troškove na projektu). Ljudski resursi koji učestvuju u direktnoj proizvodnji mogu biti angažovani na:

- Naplativim pozicijama (*deliverables*) - ono što se isporučuje tj. gradi (objekti, infrastruktura i dr.)
- Aktivnostima (*activities*) - angažovanje na raznim aktivnostima koje kao rezultat nemaju nikakve objekte, tj. to su samo aktivnosti koje se sprovode u cilju održavanja procesa (održavanje gradilišta, rad na privremenoj infrastrukturi, razne vrste pretovara, izmestanja i dr.)

Metodologija procene angažovanja ljudskih resursa je ključni element planiranja realizacije građevinskih projekata. Angažovanje svakog od ljudskih resursa koji su uključeni u građevinsku proizvodnju se može normirati, takođe se može odrediti i

3. MODEL PLANIRANJA GRAĐEVINSKOG PROJEKTA SA AKCENTOM NA FINANSIJSKO PLANIRANJE

vremenski proceniti njegova tržišna vrednost tako da ovaj predloženi model može poslužiti i za finansijsko planiranje.

Savremeni trendovi u građevinskoj proizvodnji su okrenuti ka visokoj specijalizaciji, tako pa se najčešće srećemo sa velikim brojem specijalizovanih podizvođača ili strogoj podeli radnika po specijalnostima u okviru preduzeća koje nastupa samostalno kao glavni izvođač. Prilikom generalnog planiranja treba odrediti radnu (WBS) strukturu sa svim pripadajućim aktivnostima (koje se sastoje od naplativih pozicija i aktivnosti) kao i organizacionu (OBS) strukturu. Ovde treba detaljno ustanoviti koji nivo specijalizacije treba uključiti da bi se eliminisali rizici vezani za kvalitet izvedenih radova.

Ljudski resursi se moraju podeliti u određene kategorije, i svakoj od kategorija treba pridružiti novčanu vrednost (najčešće po satu angažovanja). Ovi resursi se najčešće dele na lokalnu i internacionalnu kategoriju, a u okviru nje se radnici dele na kategorije (najčešće se primenjuje podela na 9 radnih kategorija).

Procena potrebnih radnih časova po pojedinim aktivnostima i kategorije ljudskih resursa koji su neophodni daje ukupan broj radnih časova i troškove za radnu snagu za određene radne strukture tj. za ceo projekat.

Dinamičko planiranje neminovno dovodi do preklapanja aktivnosti (paralelizacija) i neravnomernom angažovanju ljudskih resursa na projektu. Realan pristup planiranju ljudskih resursa, tj. procenjivanju budžeta angažovanja ljudskih resursa, je u dodavanju određenog procenta radnih sati pojedinim resursima i njihovom linearnom raspoređivanju, posebno na projektima koji su lokacijski dislocirani i gde nije moguće brzo izmeštanje resursa. Na sledećoj slici je prikazan primer planiranja i praćenja (kontrole) pojedinih resursa i njihovih troškova u okviru projektantskih aktivnosti (deo vezan za građevinski deo). U tabelu se unose planirani i potrošeni resursi (radni sati, tj. novčane vrednosti), uz kumulativno predviđanje. Ova tabela je osnov za analize koje će biti objašnjene u daljem tekstu.

GRAĐEVINSKI DEO	Vodeći građevinski inženjer		13,426	274	274	274	274	274
		A	-	-	-	-	-	-
	Vodeći građevinski inženjer		196,869	6,165	6,165	6,165	6,165	6,165
		A	48,498	8,220	8,220	4,110	-	3,836
	Vodeći građevinski inženjer		121,656	-	-	-	-	-
		A	-	-	-	-	-	-
	Samostalni građevinski inženjer		37,310	-	-	-	-	1,400
		A	-	-	-	-	-	-
	Vodeći građevinski projektant CAD		182,621	6,165	6,165	6,165	6,165	6,165
		A	51,512	8,220	8,220	8,220	8,220	10,412
	Građevinski projektant CAD		36,000	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200
		A	6,480	1,200	1,200	960	1,080	960
	CAD projektant	Zaura Abitova		-	-	-	-	-
	A	390	-	-	390	-	-	
Građevinski inženjer		-	-	-	-	-	-	
Ukupno Građevinski deo Plan	- P	587,882	13,804	13,804	13,804	13,804	15,204	
Ukupno Građevinski deo Actual	- A	108,192	17,640	17,640	13,680	9,300	15,208	
KUMULATIVNO ZA PREDVIĐANJE		573,877	17640	35280	48960	58260	73468	
Izravnaje progresu kumulativno	99.61	-						
KUMULATIVNO + IZRAVNANJE PROGRESA		573,877	17640	35280	48960	58260	73468	

Slika 3.1 Plan troškova – unos aktuelnih vrednosti

Polazna pretpostavka ovog načina planiranja je da su resursi u potpunosti raspoloživi na određenom projektu, tj. da nije potrebno planirati resurse na osnovu ograničene

raspoloživosti. Kako bi se smanjio rizik na određenim resursima planira se kontinualna raspoloživost resursa, tj. izbegavaju se visoki pikovi u pojedinim fazama projekta.

Takođe, jako je važno da što manji broj aktivnosti bude na kritičnom putu, tj. da im je vremenska rezerva jednaka ili bliska nuli. Svaka od kritičnih aktivnosti nosi dodatni rizik kašnjenja kompletnog projekta, što je u uslovima realizacije određenih projekata neprihvatljivo. Moguća rešenja su u ostavljanju vremenske rezerve čitavog projekta ili dodatno osiguravanje od rizika, što se najlakše sprovodi obezbeđivanjem dodatne rezervne radne snage i mehanizacije i pravovremnim dostavljanjem materijala na gradilište.

Ovde će biti ukratko objašnjeno finansijsko planiranje građevinskih projekata uz objašnjenje pojma neto sadašnje vrednosti u cilju shvatanja važnosti što brže i organizovanije realizacije građevinskih projekata.

3.2.1 *Finansijsko planiranje građevinskih projekata*

"Građevinski projekti kao dugotrajni poduhvati su opterećeni inflatormim kretanjima, bankarskim kamatama, i raznim drugim rizicima koji mogu da utiču na finansiranje i uspeh kompletnog projekta. Razvojni projekti su povezani sa tri vrste rashodnih/prihodovnih kategorija koje treba međusobno uporediti" (Ferry D., Brandon P., 1991):

- jedinstvena suma u datom trenutku;
- jedinstvena suma u budućnosti;
- sume novca koje se pojavljuju u bilansu projekta tokom njegove realizacije.

Tokom vremena vrednost novca se menja iz sledećih razloga (Tan W., 2007):

- rizika od padova na tržištu;
- inflacije;
- vremena u kome bi se novac mogao plasirati za korišćenje u proizvodnji (novčana vrednost vezana za mogućnost).

U ovoj disertaciji će se razmotriti problemi protoka novca (*cash flow*) prilikom izgradnje građevinskih objekata, tj. realizacije kompletnih projekata. Ovde će biti objašnjen pojam neto sadašnje vrednosti (*NPV – net present value*) kao kriterijum nivoa povraćaja. Ovaj pristup uključuje selekciju 'merila' nivoa povraćaja, koji može biti ili nivo sa kojim novac može biti pozajmljen za finansiranje projekta, ili minimalni prihvatljiv profit, u zavisnosti od situacije.

Ukoliko projekat ima početne troškove C_0 , neto sadašnja vrednost se može prikazati pomoću formule:

$$NPV = -C_0 + \frac{N_1}{1+r} + \frac{N_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{N_n}{(1+r)^n} \quad (3.1)$$

gde je N_t , ($t = 1, \dots, n$), neto radni prihod na kraju svake godine t , n je krajnja godina, a r je diskontna stopa.

3. MODEL PLANIRANJA GRAĐEVINSKOG PROJEKTA SA AKCENTOM NA FINANSIJSKO PLANIRANJE

Prihodi i rashodi su diskontovani tim nivoom i ta vrednost je neto sadašnja vrednost projekta:

Ovaj metod se koristi u dve različite svrhe:

- 1) za procenu da li projekat vredi realizovati;
- 2) za upoređivanje više mogućih scenarija realizovanja projekta.

Ovde će biti prikazan smisao neto sadašnje vrednosti (NPV) kroz sagledavanje diskontovanog i nediskontovanog protoka novca sa stanovišta investitora i izvođača radova. Za dva projekta slične veličine i vrednosti, čija je osnovna razlika u brzini realizacije date su orjentacione vrednosti potrošnje i prihoda u sledećoj tabeli 3.1. Troškovi investitora su podeljeni na troškove zemljišta, projektovanje i građenje, dok se prihod ostvaruje na kraju prodajom kompletne nekretnine.

Ako je pretpostavka da je 12% godišnje merilo nivoa povraćaja, onda se dobije za ovaj slučaj da je neto sadašnja vrednost zarade znatno manja jer se novac investitora troši tokom višemesečne realizacije, a prihod se ostvarivao na kraju. Projekat koji se sporije realizovao je znatno nepovoljniji sa ovog aspekta vrednosti.

Protok novca (*cash flow*) izvođača radova je znatno povoljniji, ako izuzmemo razna osiguranja investitora u smislu zadržavanja procenta od realizovane ugovorene sume u nekom periodu, poreze i drugo. Pretpostavka je da je procenat profita 6% u prvom slučaju (sporija realizacija) i 7% u drugom slučaju (brža realizacija). Profit proračunat kroz neto sadašnju vrednost (NPV) u ovom slučaju ne odstupa mnogo od proste sume mesečnih zarada u oba obrađena slučaja (diskontovani i nediskontovani protok novca).

Zaključak ove male analize bi bio da je sa stanovišta neto sadašnje vrednosti (NPV) znatno povoljniji protok novca izvođača radova (u ovakvom slučaju gde ne postoji suma koja se zadržava kao osiguranje projekta od raznih rizika investitora) i gde se zarada investitora ostvaruje nakon završetka izgradnje. Ovakav način investiranja predstavlja model koji se primenjuje na visoko rizičnim tržištima.

Takođe, znatno povoljniji protok novca se ostvaruje i za investitora i za izvođača radova u slučaju da se projekat brže realizuje. Polazne hipoteze koje su proistekle iz prethodnih analiza činjenica vezanih za načine sprovođenja tenderskih procedura i ugovaranje, kao i načina finansiranja projekta su osnova modela za planiranje i kontrolu realizacije građevinskih projekata koji će biti predložen u ovoj disertaciji. Predložene hipoteze modela za finansiranje građevinskih projekata su:

3. MODEL PLANIRANJA GRAĐEVINSKOG PROJEKTA SA AKCENTOM NA FINANSIJSKO PLANIRANJE

Tabela 3.1 *Diskontovani i nediskontovani protok novca (sa stanovišta investitora i izvođača radova)*

	Investitor 1	Investitor 2	Izvođač 1						
1	-800,000	-800,000			0.9901	-792,079	-792,079		
2					0.9803	0	0		
3		-40,000			0.9706	0	-38,824		
4	-40,000				0.9610	-38,439	0		
5		-40,000	40,000		0.9515	0	-38,059	39,604	
6		-60,000	-48,000		0.9420	0	-56,523		-47,054
7		-100,000	-32,000		0.9327	0	-93,272		-31,059
8	-40,000	-140,000	40,000	-12,000	0.9235	-36,939	-129,288	39,604	-11,532
9		-180,000		3,600	0.9143	0	-164,581	0	3,425
10	-40,000	-220,000	-42,000	18,000	0.9053	-36,211	-199,163	-40,765	16,957
11	-60,000	-180,000	-12,000	26,000	0.8963	-53,779	-161,338	-11,532	24,251
12	-60,000	-160,000	-12,000	27,800	0.8874	-53,247	-141,992	-11,418	25,673
13	-60,000	-140,000	-7,200	37,200	0.8787	-52,720	-123,013	-6,783	34,013
14	-80,000	-120,000	-3,800	29,400	0.8700	-69,597	-104,396	-3,544	26,615
15	-80,000	-100,000	4,200	10,800	0.8613	-68,908	2,239,509	3,879	9,680
16	-100,000		11,200		0.8528	-85,282	196,982	10,241	90,574
17	-100,000		12,400		0.8444	-84,438		11,226	
18	-120,000		18,000		0.8360	-100,322		16,134	
19	-140,000		17,900		0.8277	-115,884		15,885	
20	-120,000		17,200		0.8195	-98,345		15,113	
21	-80,000		11,200		0.8114	-64,914		9,744	
22	-80,000		7,800		0.8034	-64,272		6,719	
23	-60,000		7,900		0.7954	-47,727		6,737	
24	-60,000		6,000		0.7876	2,079,175		5,066	
	-2,120,000	-2,280,000				216,071		66,305	
	2,700,000	2,700,000							
	580,000	420,000	76,800	100,800					

- treba izabrati model za sprovođenje tenderskih procedura i ugovaranje kojim se smanjuju rizici koji mogu uzrokovati kašnjenje u realizaciji (sporovi, neadekvatni učesnici i dr.);
- finansiranje projekata treba da bude takvo da se omogući efikasan i kontinuirani rad, tj. da protok novca bude što povoljniji za izvođača radova. Na taj način se ubrzava realizacija projekta i smanjuju indirektni troškovi, troškovi finansiranja projekta, a i brže se investicija stavlja u funkciju;
- analiza i upravljanje rizicima je polazna osnova ovog modela;
- treba primeniti sve principe upravljanja lancima snabdevanja pri realizaciji ovakvih projekata;
- treba primeniti optimalna organizaciona i tehnološka rešenja prilikom realizacije projekata;
- treba primeniti optimalan model za planiranje i kontrolu realizacije projekta.

3.3 Predloženi model za planiranje i kontrolu realizacije građevinskih projekata

Planiranje građevinskih projekata treba vršiti prvenstveno kroz planiranje angažovanja ljudskih resursa tj. radne snage. Iako je procenat učešća troškova radne snage na dobro

3. MODEL PLANIRANJA GRAĐEVINSKOG PROJEKTA SA AKCENTOM NA FINANSIJSKO PLANIRANJE

organizovanim projektima smanjen i do 6% od ukupnih troškova, primećeno je da njihovo angažovanje utiče na potrošnju i angažovanje ostalih resursa na projektu. Na projektima koji su karakteristični po malom broju angažovane radne snage primenjuje se ukрупnjavanje materijalnih sklopova, i za njihov transport i manipulaciju neophodne je mehanizacija većih kapaciteta čije angažovanje dodatno opterećuje projekat rizikom povećanja troškova. Ukрупnjeni sklopovi se proizvode u fabričkim uslovima i na taj način se smanjuje rizik vezan za kvalitet tako proizvedenog materijala. Na gradilištima koja su locirana u gradovima (a i na nekim van gradova) najčešće nema dovoljno prostora za skladištenje, i ovaj problem može da se rešava izgradnjom privremenih logističkih centara ili upravljanjem lancima snabdevanja (*supply chain management*) tj. *just in time* pristupom.

Iako se teži industrijalizovanoj gradnji, neodvojivi su troškovi angažovanja ljudskih resursa sa troškovima projekta, koji se višestruko uvećavaju porastom broja radnih časova angažovanja radne snage, iz razloga pridruživanja mnogih direktnih i indirektnih troškova ljudskim resursima. U poglavlju vezanom za sadašnje i buduće ekonomske karakteristike građevinskog tržišta obrađene su tendencije razvoja građevinskih preduzeća u svetu, gde se drastično smanjuje broj zaposlenih iz razloga smanjivanja troškova i povećanja specijalizacije i konkurentnosti preduzeća. Ovde treba dodati da se ova tendencija takođe odnosi i na mehanizaciju i logistiku preduzeća, i ovde treba napomenuti da je važno primeniti i pristup upravljanja lancima snabdevanja (*supply chain management*), kako bi se realizacija i potrošnja na projektu ravnomerno ostvarivala. Prilikom planiranja angažovanja ljudskih resursa treba odrediti optimalan broj radnih časova angažovanja, i u skladu sa promenama u toku realizacije projekta ažurirati planirani broj radnih sati.

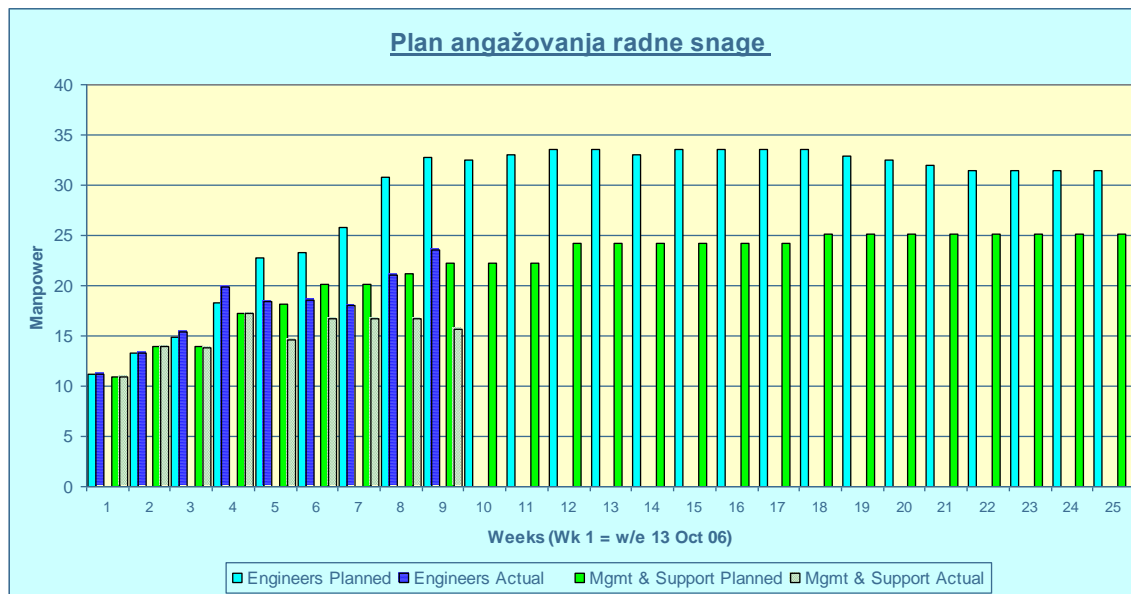
Ljudski resursi koji treba da budu angažovani na gradilištu, tj. planirani radni sati treba da budu podeljeni na direktne i indirektno, tj. angažovanje na aktivnostima u direktnoj proizvodnji (najčešće pozicije iz predmera radova, ili tehnološke aktivnosti definisane iz metodologije rada) i na resurse angažovane na aktivnostima, upravljanju i održavanju na gradilištu. Ljudski resursi koji su angažovani na aktivnostima koje predstavljaju direktnu proizvodnju (direktno angažovani ljudski resursi) treba da budu kompletno analizirani pre početka operativnog planiranja, i to pre svega sa stanovišta rizika. Najvažnije je odrediti ključne resurse, i njihov uticaj na ostale resurse. Specifičnost građevinske proizvodnje (posebno radovi na gradilištu) je u tome što je nemoguće ostvariti maksimalnu angažovanost svih ljudskih resursa, zbog ograničenog fronta rada, neusklađenosti procesa, specifičnosti tehnologija i drugo. Međutim, velika nepovoljnost je u tome što su ključni resursi najčešće maksimalno opterećeni tj. angažovani, čine se pojavljuje veliki rizik vezan za njihovo angažovanje i eventualna kašnjenja mogu da prouzrokuju poremećaje u realizaciji kompletnog projekta.

Na sledećoj slici prikazan je histogram planiranog angažovanja ljudskih resursa (razdvojeni na direktne i indirektno) kao i potrošeni (aktuelni) resursi u početnom delu jednog projekta (radi se o projektovanju konstrukcije jednog velikog naftnog postrojenja). Primećeno je da se odstupanja najbolje prikazuju kroz procentualno iskazivanje, i to njihovo hronološko odstupanje. U daljem tekstu će ukratko biti objašnjen predloženi model za planiranje i kontrolu potrošnje radnih sati i njihovi troškovi. Ovde takođe treba napomenuti da je ovakav način planiranja i kontrole realizacije projekata primenjiv pri potpuno transparentnom načinu poslovanja. Iako je na domaćem tržištu teško primenjiv, model sa nadoknađivanjem troškova (*cost*

3. MODEL PLANIRANJA GRAĐEVINSKOG PROJEKTA SA AKCENTOM NA FINANSIJSKO PLANIRANJE

reimbursable) za mnoge projekte u građevinarstvu predstavlja optimalan model za realizaciju, posebno u sektoru gde je neophodno sprovesti realizaciju u strogo ograničenom vremenskom intervalu (projekti rekonstrukcije u gradovima, održavanje i proširivanje postojeće infrastrukture, energetske projekti i drugo). Ovakvi ugovori, tj. tipovi finansijske realizacije se nazivaju još i ugovori po sistemu troškovi-plus (*cost-plus contract*), a počeli su da se primenjuju u Sjedinjenim Američkim Državama tokom drugog svetskog rata da bi se intenzivirala ratna proizvodnja u velikim Američkim kompanijama. Na ovakvim ugovorima rizik je raspoređen ravnomerno na izvođaču radova i na investitoru, što je i prikazano na slici 2.1. Nadoknađivanje troškova se vrši na osnovu fakturisanih utrošenih resursa preduzeća koje izvodi radove, pri čemu mora biti dobro sproveden sistem kontrole produktivnosti (primenljiv je *last planner* sistem kao i modeli sa primenjenom analizom zaradene vrednosti). Ovakvi projekti moraju se osigurati garancijama za dobro izvršenje posla, osiguranjima od raznih vrsta rizika i drugim sredstvima osiguranja.

Polazna pretpostavka pri definisanju modela za planiranje i kontrolu projekata je da se projekat mora realizovati u određenom roku, i to da je pre početka bilo kakvog planiranja unapred zadat datum završetka kompletnog projekta (početak velikih sportskih takmičenja, eksploatacija energetskih objekata, izgradnja i rekonstrukcija infrastrukture u velikim gradovima i drugo). Zbog toga se planiranje sprovodi uz sagledavanje svih mogućih ograničenja i rizika, i to planiranjem aktivnosti počevši od krajnjeg datuma, jer se ne sme dozvoliti alociranje velikog rizika na krajnjim aktivnostima.



Slika 3.2 Histogram angažovanja radne snage – planirano i aktuelno, razdvojeno na proizvodnu i podršku

Pretpostavka je i da se ljudski resursi optimalno angažuju sa stanovišta troškova, i da se tokom realizacije projekta organizacionim merama eliminišu svi mogući uticaji na

3. MODEL PLANIRANJA GRAĐEVINSKOG PROJEKTA SA AKCENTOM NA FINANSIJSKO PLANIRANJE

produktivnost. Merenje produktivnosti nije deo predloženog sistema, a preporuka je da se operativno planiranje i kontrola sprovodi korišćenjem koncepta "poslednji planer" (*last planner*).

Tradicionalna kontrola potrošnje resursa i troškova se vezuje za upoređivanje planirane i aktuelne potrošnje resursa. Suština metode koja će biti predložena u daljem tekstu je u stalnom sagledavanju promena (*trends*) na projektu i sprovođenjem replaniranja. Plan se smatra polaznom osnovom, i on se definiše na osnovu ugovorenih količina radova, i prva moguća greška može biti da planirane količine odstupaju od realno potrebnih količina resursa za završetak projekta. Na slici 3.3 prikazan je način prikazivanja promena (tj. trendova) na projektu. Bitno je sagledati koliko izmenjeni uslovi na projektu utiču na radne časove direktno angažovanih ljudskih resursa, i uticaj na troškove. Uticaj na dinamički plan i eventualno kašnjenje treba odmah da se sanira angažovanjem dodatne direktno angažovane radne snage.

TREND								
Br.	Naziv	Opis	Disciplina (Element radne strukture)	Datum	Uticaj na troškove i dinamički plan izgradnje			
					Uticaj radni časovi	Uticaj na troškove	Uticaj na dinamički	Kašnjenje

Slika 3.3 Način identifikovanja promena tokom realizacije projekta

Potencijalne izmene utiču na troškove i trajanje projekta, i na slici 3.4 je prikazan način prikazivanja i procedura prihvatanja promena i svođenje na promene koje su odstupanje od osnovnog ugovora. Ova tabela je važna zbog evidentiranja promena i njihovog ažuriranja u smislu dodatnih radova, u skladu sa tipom primenjenog ugovora.

POTENCIJALNE IZMENE					UGOVORNE PROMENE						
Komentar	PVN No.	Procena		Uticaj na dinamički plan	Status		Izdato	TCO CO-No	Prihvaćeno		
		Radni časovi	Troškovi \$	Kašnjenje u nedeljama	Izdato Datum	Prihvaćeno			Datum	Radni sati	Troškovi \$

Slika 3.4 Potencijalne izmene (*Potential Variations – PVNs*) i promene u odnosu na osnovni ugovor (*Contract Variations*)

Ova odstupanja je teško uočiti odmah nakon početka projekta, već se ona najčešće identifikuju tek nakon uočavanja odstupanja od planirane realizacije i to samo na projektima gde ne postoji veliki broj naknadnih i nepredviđenih radova.

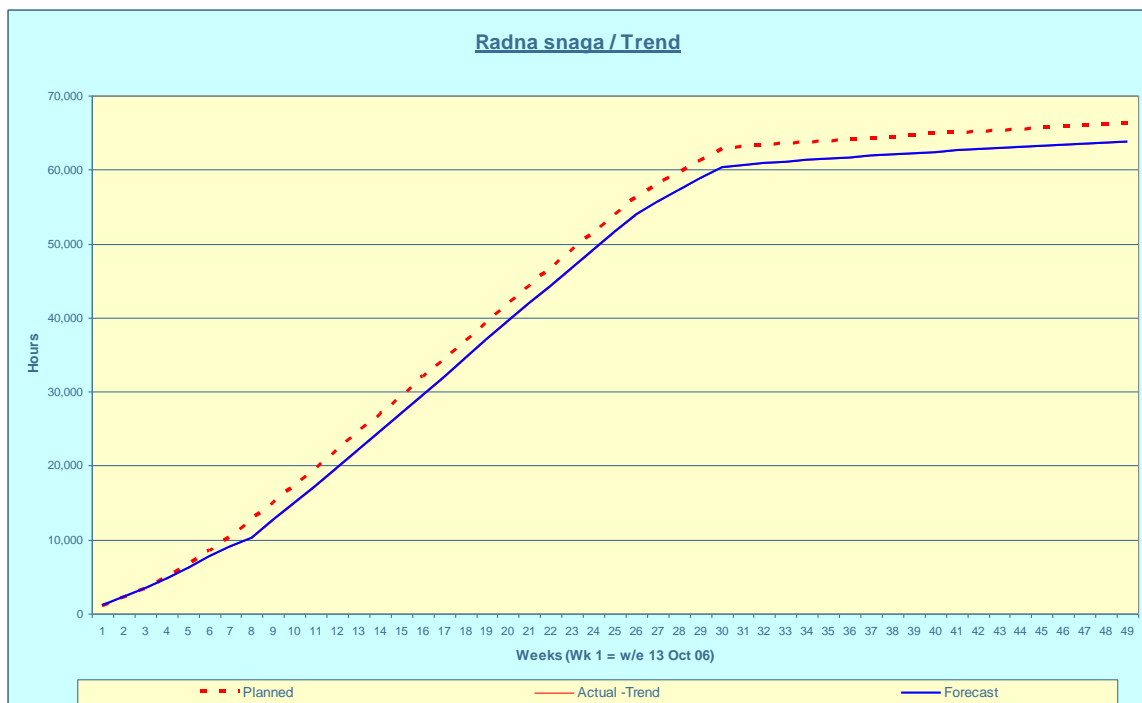
Identifikacija odstupanja usled naknadnih i nepredviđenih radova treba da obuhvati analizu angažovanja dodatnih resursa u direktnoj proizvodnji, uticaj na trajanje projekta i analizu angažovanja indirektnih resursa koje to produženje izaziva. Ove analize su

3. MODEL PLANIRANJA GRAĐEVINSKOG PROJEKTA SA AKCENTOM NA FINANSIJSKO PLANIRANJE

vrlo često jako komplikovane i predstavljaju glavni računski argument prilikom sastavljanja odštetnih zahteva.

Angažovanje ljudskih resursa se najčešće izražava u radnim satima, jer je to najlakši način za njihovo ažuriranje. Suština ovog modela je u kontinuiranom sprovođenju kontrole realizacije i planiranjem, tj. re-planiranjem. Primećeno je da se savremenim sistemima kontrole produktivnosti, i korišćenjem tih podataka kao izveštaj i ulaz za eventualne korektivne akcije nije postigao odgovarajući integrisani sistem u kontroli projekata. Model koji se predlaže predviđa permanentno planiranje, tj. korigovanje plana. Ovaj model se razlikuje od načina kontrole projekata "poslednji planer" (*last planner*) jer se planiranje sprovodi na višem nivou, a korektivne akcije se u baziraju na uvođenje dodatne radne snage na projektu, jer su u prethodnom delu ove disertacija pokazani finansijski uticaji u slučaju kašnjenja tokom realizacije projekta. Osnovna pretpostavka je da je proces optimalno organizovan, da se raspolaže sa adekvatnim resursima i da se ne javljaju zastoji, čekanja i drugo. Ovaj način planiranja najviše odgovara menadžment ugovorima, jer se na ovaj način od strane upravljača identifikuju problemi i predviđaju korektivne akcije koje treba da sprovedu pojedini ugovarači.

Na slici se vidi S kriva angažovanja radne snage na jednom manjem projektu. Nakon kratkog perioda realizacije primećena su određena odstupanja, proverena je produktivnost i stepen ispunjenja plana, i urađena korekcija plana. Ažuriranje potrošnje radnih sati je vršeno na nedeljnom nivou.

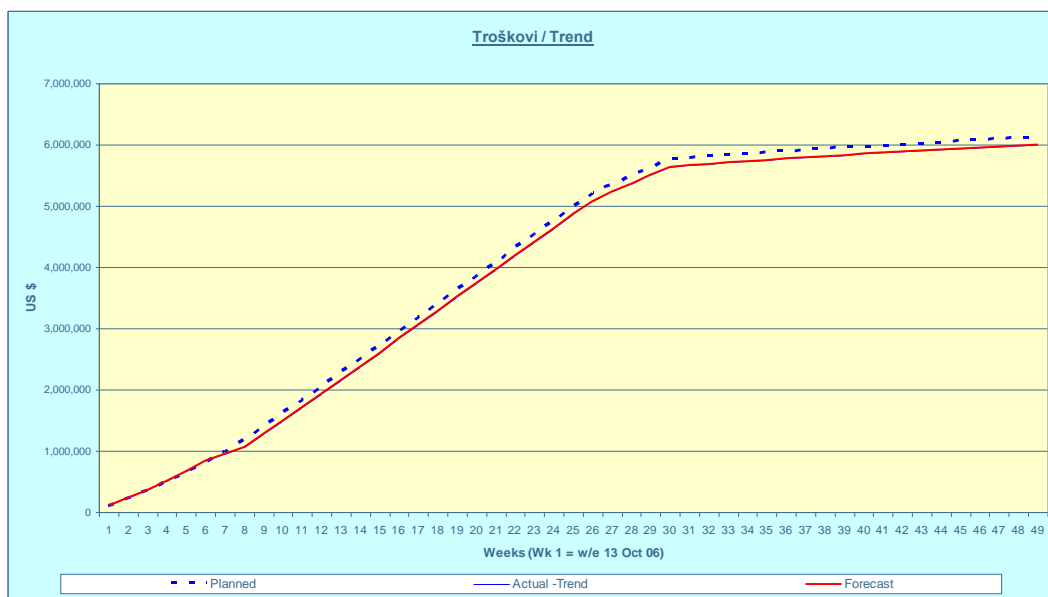


Slika 3.5 S kriva planiranih, aktuelnih i predviđanje potrošnje radnih sati do kraja projekta

3. MODEL PLANIRANJA GRAĐEVINSKOG PROJEKTA SA AKCENTOM NA FINANSIJSKO PLANIRANJE

Za investitora (za koga je ovaj izveštaj i namenjen) je najvažnije prikazati krivu troškova, i predviđanje kretanja troškova do kraja projekta. Kako indirektni troškovi zavise od trajanja projekta, najvažnije je u slučaju kašnjenja ili pojave dodatnih radova predložiti moguće povećanje broja angažovanih ljudskih resursa kako ne bi došlo do povećanja troškova projekta usled rasta indirektnih troškova. Takođe treba analizirati i mogućnost povećanja broja angažovanih ljudskih resursa u direktnoj proizvodnji, tj. da li postoji odgovarajući front rada, kapacitet ključne mehanizacije i drugo. Ukoliko postoji tehnološka mogućnost za povećanje produktivnosti i eliminisanje kašnjenja u najvećem broju slučajeva je opravdano angažovanje dodatnih ljudskih resursa na projektu. Osim toga treba sprovoditi i analizu odnosa direktnih i indirektnih troškova prilikom poremećaja u dinamici realizacije, imajući u vidu rokove realizacije projekta.

Odstupanje u radnim satima je najbolje prikazati kao procentualno odstupanje u vremenskim intervalima, jer se na taj način najbolje može vršiti upoređivanje odstupanja. Ukoliko se vrši praćenje odstupanja po elementima radne (WBS) strukture, treba navoditi procentualno odstupanje, jer se budžet pojedinih elemenata može znatno razlikovati tako da odstupanje u radnim satima u tom slučaju nije uporedivo.



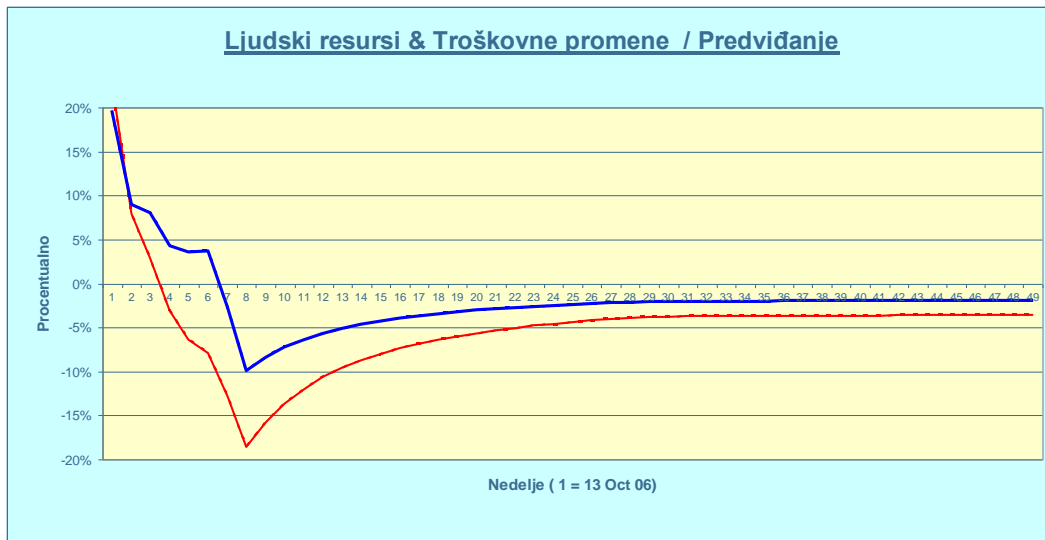
Slika 3.6 S kriva planiranih, aktuelnih i predviđanje troškova do kraja projekta

Grafičko prikazivanje procenta odstupanja je efikasno jer se jasno vidi kretanje u vremenskim intervalima, a procenat odstupanje daje bolju informaciju o odstupanju. Na slici 3.7 se vidi odstupanje u radnim satima i troškovno odstupanje. Radni sati koji su praćeni na projektu su i direktno i indirektno angažovani ljudski resursi.

Na slici 3.7 se vidi procentualno odstupanje angažovanih ljudskih resursa i troškova na početku projekta, i korektivno ublažavanje (predviđanje) razlike. Osim ovog izveštaja kao osnov analize treba proveriti i faktor produktivnosti, a na osnovu njega predvideti

3. MODEL PLANIRANJA GRAĐEVINSKOG PROJEKTA SA AKCENTOM NA FINANSIJSKO PLANIRANJE

korektivne akcije. Ovaj način kontrole zahteva stalno prisustvo specijalista na terenu i analiziranje proizvodnje i pravljenje korektivnih akcija.



Slika 3.7 Procentualno odstupanje i predviđanje potrošnje radnih sati

Kako osnovni planovi i budžet projekta obično nisu dovoljno tačni, ovaj model najmanje zavisi od ovih polaznih pretpostavki. Ovaj model treba prilagođavati konkretnom projektu iz razloga tehnoloških, organizacionih i drugih specifičnosti.

Osnovni cilj ovog modela je eliminisanje rasta indirektnih troškova, tj. težnja da se projekat završi u optimalnom roku, što se prvenstveno postiže povećanjem efikasnosti direktno angažovanih resursa. Kako faktor produktivnosti nije lako odrediti, u nastavku ove disertacije će se prikazati pronalaženje zavisnosti između angažovane radne snage, procenta izvršenja i faktora produktivnosti, i to na osnovu sagledavanja i merenja ovih parametara u okviru pojedinih disciplina u okviru projekta.

U slučaju da je to moguće odrediti, vrlo lako bi mogle da se odrede karakteristike realizacije kompletnog projekta, i model bi lako mogao da se prilagođava svakom projektu. Za ovu analizu će se koristiti prikupljeni statistički podaci sa realizacije više različitih projekata i koristiće se teorija neuralnih mreža za generisanje modela. Pre bilo kakve analize statističkih podataka ukratko će biti formulisani odgovarajući matematički modeli koji mogu da se koriste za planiranje i kontrolu realizacije projekata, a bazirani su na teoriji neuralnih mreža.

4. FORMULACIJA ODGOVARAJUĆIH MATEMATIČKIH MODELA ZA PLANIRANJE PROJEKATA U GRAĐEVINARSTVU

4.1 Primena teorije neuralnih mreža u građevinarstvu

Primena teorije neuralnih mreža doživela je veliki preporod 90-tih godina prošlog veka, i danas se smatra jednim od glavnih oruđa u razvoju veštačke inteligencije. Početak primene ove teorije je bio 40-tih godina prošlog veka, kada je prvi matematički model biološkog neurona objavljen od strane autora *McCulloch-a* i *Pitts-a*. Sa razvojem računara su se stekli povoljni uslovi za simulaciju modela neuronskih mreža na njima, 50-tih i 60-tih godina prošlog veka. Sledećih 20-tak godina ova teorija se sporije razvijala, dok se njen intenzivan razvoj odvijao posle toga uporedo sa razvojem i primenom računara.

Nastanak veštačkih neuronskih mreža zasnovan je na analogiji sa nervnim sistemom živih bića, odnosno, na osnovu te analogije nastale su mrežne konfiguracije i algoritmi koji pokušavaju da simuliraju rad ljudskog mozga. Ova analogija je samo inicijalna, jer su biološke neuronske mreže daleko kompleksnije od matematičkih modela veštačkih neuronskih mreža.

Primena neuralnih mreža u građevinarstvu je započela početkom devedesetih godina. John Hopfield je 1982. godine svojim radovima o mogućnostima primene neuralnih mreža opet vratio ovu problematiku u žižu naučnog interesovanja. Radovi koji su prezentovali *D.E. Rumelhart*, *G.E. Hinton* i *R.J. Williams* 1986. godine pokazali su mogućnosti upotrebe *backpropagation* algoritma u obuci mreže i korišćenje tako obučene mreže za predviđanje.

Adeli H. (2001) grupiše njihovu primenu u sledeće kategorije:

- upravljanje projektima;
- procenu troškova;
- alokaciju resursa i
- rešavanje sporova.

Osim toga neuralne mreže se mogu primeniti i za različite probleme optimizacije, planiranju i kontroli troškova, procenjivanju i upravljanju rizicima i rešavanju mnogih drugih problema u građevinarstvu.

Neuralne mreže predstavljaju alatku veštačke inteligencije koja je inspirisana funkcionisanjem ljudskog mozga i predstavljaju kombinaciju elemenata procesiranja organizovanih po nivoima (*layers*). Osnovni modeli neuralnog računanja su Klasifikacioni modeli (*Classification Models*) – Perceptroni koji su organizovani u jednom ili više slojeva (*Single or Multiple Layer*). Snaga veza između elemenata procesiranja, koja se naziva težinama mreže, može biti adaptirana na način da izlaz bude prilagođen željenom odgovoru mreže.

4. FORMULACIJA ODGOVARAJUĆIH MATEMATIČKIH MODELA ZA PLANIRANJE PROJEKATA U GRAĐEVINARSTVU

Veštačke neuralne mreže se veoma široko i uspešno primenjuju zahvaljujući njihovom ogromnom potencijalu za modelovanje komplikovanih problema i lakoći primene ovih modela. Za razliku od modela koji su uglavnom davali dobre rezultate za modelovanje linearnih problema, neuralne mreže se uspešno upotrebljavaju za rešavanje nelinearnih problema tj. za iznalaženje kompleksne, nelinearne funkcije zavisnosti sa velikim brojem promenljivih. Osim toga, veoma značajna karakteristika ovih metoda je njihova primenljivost i kada ulazni i izlazni podaci nisu potpuni. Veštačke neuralne mreže su pogodne za rešavanje problema u slučajevima kada rešenje nije moguće algoritamski definisati, a kada postoji dovoljno prethodnih primera koji omogućavaju obučavanje mreže.

U tabeli 4.1 date su neke od oblasti primene veštačkih neuralnih mreža.

Tabela 4.1 *Oblasti primene veštačkih neuronskih mreža*

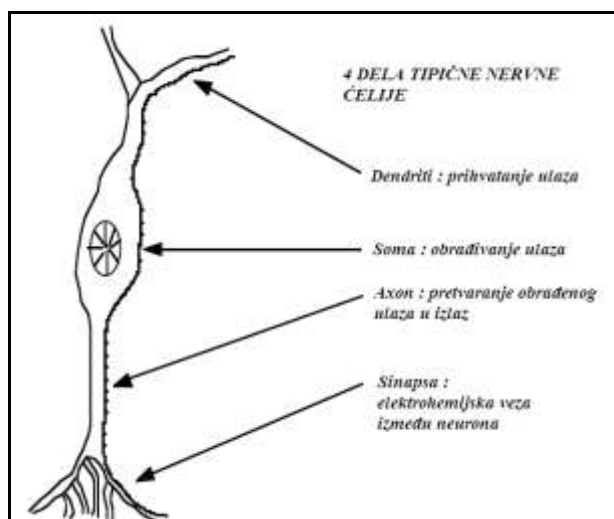
Oblast primene	Tip mreže	Primena
Predviđanje	<ul style="list-style-type: none"> - Back-propagation - Delta-Bar-Delta - Prošireni Delta-Bar-Delta - Direktno slučajno pretraživanje - Mreže višeg reda - Samoorganizujuće mape u BP 	Korišćenjem ulaznih veličina iz baze podataka dobija se predviđanje veličine koja na neki način zavisi od njih
Klasifikacija	<ul style="list-style-type: none"> - Linearna vektorska kvantizacija - Counter-propagation - Probabalističke mreže 	Određivanje kom skupu pripadaju ulazne veličine
Pridruživanje podataka	<ul style="list-style-type: none"> - Hopfield - Boltzmann-ove mašine - Hamming-ove mreže - Obostrano pridružena memorija - Prepoznavanje slučajno rasejanih uzoraka 	Slično kao i klasifikacija samo je moguće prepoznavanje pogrešnih podataka
Konceptualizacija podataka	<ul style="list-style-type: none"> - Mreže sa adaptivnom rezonancom - Samoorganizujuće mape 	Analiza kako utiču ulazni podaci na strukturu mreže
Filtriranje	<ul style="list-style-type: none"> - Recirkularne 	Otklanjanje šuma sa ulaznog signala

4.2 Biološki prototip

Neuralne mreže predstavljaju mreže međusobno povezanih elemenata, koji su inspirisani studijama o biološkom nervnom sistemu. Takođe, one su pokušaj da se

4. FORMULACIJA ODGOVARAJUĆIH MATEMATIČKIH MODELA ZA PLANIRANJE PROJEKATA U GRAĐEVINARSTVU

kreiraju mašinski sistemi koji rade na sličan način kao ljudski mozak, građenjem sistema korišćenja komponenti koji se ponašaju kao biološki neuroni. "Neuralne mreže su nova generacija biološki inspirisanih, masivno paralelnih distributivno informaciono procesnih sistema" (Gorzalczany, 2002). One se sastoje od skupa međusobno povezanih jednostavnih procesnih elemenata jedinica ili čvorova (*nodes*) veštačkih neurona, čija je funkcionalnost zasnovana na prirodnim neuronima, odnosno nervnim ćelijama ljudskog mozga. Sposobnost procesuiranja mreže je uskladištena u međujediničnoj povezanosti težina (*weights*), dobijenih procesom prilagođavanja (ili učenja) trening skupu uzoraka. Ljudski mozak sadrži oko stotinu milijardi nervnih ćelija – neurona (veštačke neuralne mreže nemaju ni približno toliko neurona). Osnovna jedinica građe, kako bioloških, tako i veštačkih neuronskih mreža je neuron. U osnovi, biološki neuron prima ulazne signale od ostalih neurona, kombinuje ih na neki način (u osnovi neka nelinearna funkcija) i stvara izlazni signal koji zatim prenosi ostalim neuronima. Svi neuroni imaju osnovne 4 komponente - dendrite, soma, aksone i sinapse. Dendriti, kojih ima najčešće od 10 do 15, primaju preko sinapsi informacije od ostalih neurona. Soma obrađuje signal i stvara izlazni signal koji se putem aksona i sinapse prenosi na ostale neurone. Sinapse su međusobni spojevi neurona, ili neurona i ostalih organa kroz koje se elektro-hemijskim metodama razmenjuju informacije.



Slika 4.1 Biološki neuron (Anderson D, McNeill G, 1992)

Prirodni neuroni komuniciraju preko električnih signala, koji su kratko – živeći naponski impulsi na zidu ćelije. "Među neuronsko povezivanje se dešava posredovanjem elektrohemijskih čvorova koji se zovu "sinapse", a nalaze se na granama ćelije koje se ulivaju u dendrite. Dendriti predstavljaju produžetke tela ćelije i prihvataju signale iz neurona. Svaki neuron prima na hiljade veza od drugih neurona i od mnoštva dolazećih signala neki stižu i do tela ćelije. Tu se signali integrišu i sumiraju i ukoliko rezultujući signal prelazi neki prag, neuron će "izgoreti", ili generisati naponski impuls kao odgovor. To se prenosi drugim neuronima preko granastog vlakna poznatijeg kao axon" (Gurney, 2003). Veštački neuroni su ekvivalentni biološkim neuronima i predstavljeni su procesnim elementima (jedinicama ili čvorovima). Sinapse su

predstavljene kao “težine”, tako da je svaki ulaz, pomnožen težinom pre odlaska u ekvivalent tela ćelije. Tu se težinski signali sumiraju. Prvi i najprostiji model veštačkog neurona (slika 4.2), poznat pod imenom threshold logic unit (TLU), su predložili *McCulloch i Pitts* (1943).

4.3 Veštački neuron

Građa veštačkog neurona zasniva se na građi biološkog neurona. Na slici 4.2 prikazana je građa veštačkog neurona koja je bazirana na građi biološkog neurona, pri čemu je x_j ulaz u čvor j , x_i izlaz iz čvora i , w_{ij} težine koje povezuju j sa i . Informacije koje se procesuiraju procesnim elementima (slika 4.2) sastoje se iz dva dela: ulaza i izlaza. Pridružena ulaznom delu, integraciona funkcija služi da poveže ulazne veze (informacije iz spoljnih izvora ili drugih procesnih elemenata). Težine w_1, w_2, \dots, w_n su povezane sa ulaznim vezama x_1, x_2, \dots, x_n . Težina w_i predstavlja jačinu veze (sinapsa) između ulaza x_i i elementa. Pozitivne težine korespondiraju inhibitornim vezama, a negativne ekscitatornim, dok ako je $w_i = 0$ ne postoji veza između x_i i elementa. Integraciona funkcija je najčešće u obliku linearne sumarne funkcije:

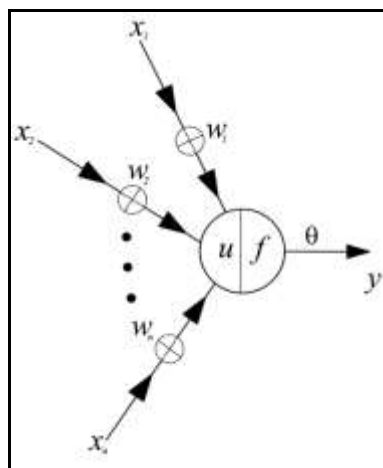
$$u = \sum_{i=1}^n w_i x_i - \theta \quad (4.1)$$

gde je θ unutrašnji prag procesnog elementa, a u je mreža ulaza u taj element. Da bi došlo do bilo kakve aktivacije procesnog elementa, unutrašnji prag θ mora biti prekoračen težinskom sumom ulaza.

Izlazni deo procesuiranja informacija razmatranog elementa se sastoji u prouzrokovanju njegove aktivacione vrednosti y kao funkcije od u pomoću aktivacione funkcije f :

$$y = f(u) = f\left(\sum_{i=1}^n w_i x_i - \theta\right) \quad (4.2)$$

Uprošćeno, postroje ulazi koji pobuđuju, tj. izazivaju neuron da postane aktivan (E), i ulazi koji sprečavaju da neuron postane aktivan (I). Neuron koji je predstavljen na slici 4.3 (*McCulloch-Pitts neuron*) ima pobuđujuće (ekscitatore) ulaze E , i sprečavajuće (inhibitore) ulaze I . Uprošćeno, ulazi E utiču na neuron da postane aktivan, a I vrše prevenciju neurona da postane aktivan.

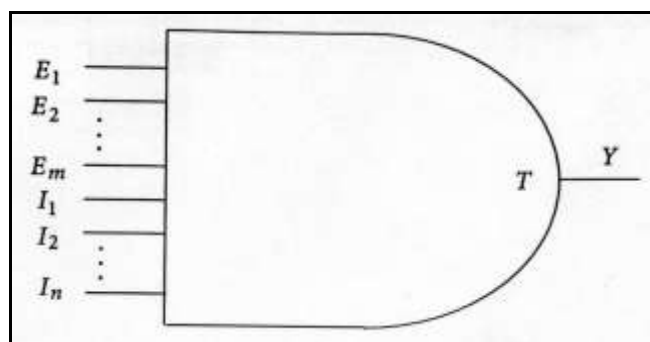


Slika. 4.2 Veštački neuron (TLU)

Ukoliko su sprečavajuću (inhibitori) impulsi $I=0$, a suma pobuđujućih (ekscitatora) veća od praga T , onda je izlaz aktivan ili 1. Matematički, ovo može da se predstavi na sledeći način:

$$Y = 1 \quad \text{ako} \quad \sum_{i=1}^n I_i = 0 \quad \text{i} \quad \sum_{j=1}^m E_j \geq T \quad (4.3)$$

$Y = 0$ u svakom drugom slučaju.



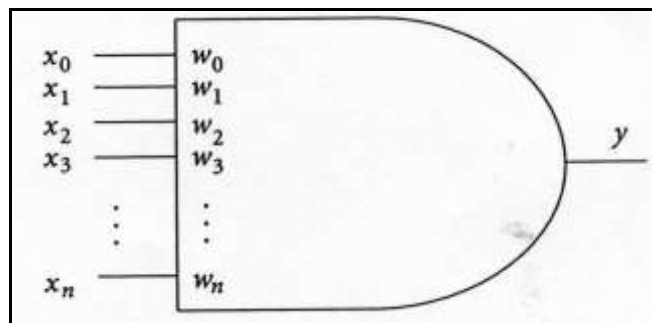
Slika. 4.3 McCulloch-Pitts-ov neuron

McCulloch-Pitts neuron prikazan na slici 4.3 je bio prvi model kojim se pokušalo objasniti način na koji biološki neuroni funkcionišu, a na njih se mogla primeniti i osnovna *Boolean* logika.

Modifikacije su pravljene u odnosu na originalni model, i jedna od prvih je napravljena od strane *Von Neumann*-a 1956. godine, koji je objasnio ideju pravljenja sprečavajućih (inhibitorskih) ulaza negativnim. To je značilo da bi izlaz iz neurona bio aktivan, suma

pobuđujućih i sprečavajućih ulaza mora da bude veća od vrednosti praga. Sledeći korak je bilo uvođenje "težina", na svakom od ulaza. Težine su realne vrednosti kojima množimo ulaze pre nego što se vrši njihovo sabiranje.

Jedna od prvih neuralnih mreža koja je uključivala težinske koeficijente kao ulaz je ADALINE, razvijena od strane *Widrow* i *Hoff* (*Widrow and Hoff, 1960*). Naziv ADALINE, koji je prikazan na slici 4.4, je izveden od ADAPtive LInear Neuron, ili kasnije ADAPtive LInear Elements.



Slika. 4.4 Element ADELIN

4.3.1 Trening neuralne mreže - matematička interpretacija

U treningu neuralne mreže uvodi se funkcija greške E_p za ulaz p , koja se definiše kao kvadrat odstupanja između aktuelnog t_{pj} i željenog o_{pj} izlaza za sve uzorke funkcije koja "uči" (t_{pj} predstavlja ciljani izlaz za ulaz p na čvoru j , dok o_{pj} predstavlja aktuelni izlaz u tom čvoru, a w_{ij} je težinski koeficijent od čvora i do čvora j)

$$E_p = \frac{1}{2} \sum_j (t_{pj} - o_{pj})^2 \quad (4.4)$$

Ovde $\frac{1}{2}$ uprošćava proračun, i dovodi funkciju specifične greške u vezu sa ostalim sličnim merama.

Aktivacija svake jedinice j , za ulaz p sa težinskim koeficijentom w_{ij} od čvora i do čvora j , može se napisati kao

$$net_{pj} = \sum_i w_{ij} o_{pi} \quad (4.5)$$

tj. jednostavno suma težina, kao u opažanju sa jednim nivoom.

Izlaz iz svake jedinice j je funkcija praga f_j koji simulira sumu težina. Prema opažanju, ovo je funkcija praga; u više nivoa opažanju, to je obično sigmiodna funkcija, mada se bilo koja neprekidna monotona diferencijabilna funkcija može koristiti.

4. FORMULACIJA ODGOVARAJUĆIH MATEMATIČKIH MODELA ZA PLANIRANJE
PROJEKATA U GRAĐEVINARSTVU

$$o_{pj} = f_j(\text{net}_{pj}) \quad (4.6)$$

Može se napisati

$$\frac{\partial E_p}{\partial w_{ij}} = \frac{\partial E_p}{\partial \text{net}_{pj}} \frac{\partial \text{net}_{pj}}{\partial w_{ij}} \quad (4.7)$$

kao zakon lanaca.

Ako zamenimo desnu stranu jednačine (4.5) u (4.6) dobijamo

$$\frac{\partial \text{net}_{pj}}{\partial w_{ij}} = \frac{\partial}{\partial w_{ij}} \sum_k w_{kj} o_{pk} = \sum_k \frac{\partial w_{jk}}{\partial w_{ij}} o_{pk} = o_{pi} \quad (4.8)$$

jer je $\frac{\partial w_{kj}}{\partial w_{ij}} = 0$ osim kada je $k=i$ tada je jednako 1.

Promene u greškama kao funkcija promena u neto izlazu kao

$$\frac{\partial E_p}{\partial \text{net}_{pj}} = \delta_{pj} \quad (4.9)$$

i (4.6) postaje

$$-\frac{\partial E_p}{\partial w_{ij}} = \delta_{pj} o_{pi} \quad (4.10)$$

Smanjivanjem vrednosti E_p menjaju se težinski koeficijenti proporcionalno sa $\delta_{pj} o_{pi}$

$$\Delta_p w_{ij} = \eta \delta_{pj} o_{pi} \quad (4.11)$$

Ako se zna δ_{pj} za svaku jedinicu, može se smanjiti E . Korišćenjem (4.9) i zakona lanaca, može se napisati

$$\delta_{pj} = -\frac{\partial E_p}{\partial \text{net}_{pj}} = -\frac{\partial E_p}{\partial o_{pj}} \frac{\partial o_{pj}}{\partial \text{net}_{pj}} \quad (4.12)$$

Posmatranjem desne strane jednačine, iz (4.6) dobija se

$$\frac{\partial o_{pj}}{\partial \text{net}_{pj}} = f'_j(\text{net}_{pj}) \quad (4.13)$$

Posmatrajući prvi deo jednačine (4.12), i iz (4.4) izdvajanjem E_p sa akcentom na o_{pj} , dobija se

$$\frac{\partial E_p}{\partial o_{pj}} = -(t_{pj} - o_{pj}) \quad (4.14)$$

4. FORMULACIJA ODGOVARAJUĆIH MATEMATIČKIH MODELA ZA PLANIRANJE
PROJEKATA U GRAĐEVINARSTVU

Prema tome

$$\delta_{pj} = f'_j(\text{net}_{pj})(t_{pj} - o_{pj}) \quad (4.15)$$

Ako je jedinica j nije izlazna jedinica, može se napisati, na osnovu zakona lanaca, da

$$\begin{aligned} \frac{\partial E_p}{\partial o_{pj}} &= \sum_k \frac{\partial E_p}{\partial \text{net}_{pk}} \frac{\partial \text{net}_{pk}}{\partial o_{pj}} \\ &= \sum_k \frac{\partial E_p}{\partial \text{net}_{pk}} \frac{\partial}{\partial o_{pj}} \sum_i w_{ik} o_{pi} \end{aligned} \quad (4.16)$$

$$= -\sum_k \delta_{pk} w_{jk} \quad (4.17)$$

Korišćenjem jednačina (4.5) i (4.9), i imajući u vidu da suma opada ukoliko parcijalna diferencijalna je različita od nule za samo jednu vrednost, kao u (4.8). Zamenom (4.17) u (4.12) konačno dobijamo

$$\delta_{pj} = f'_j(\text{net}_{pj}) \sum_k \delta_{pk} w_{jk} \quad (4.18)$$

Ova jednačina predstavlja promenu funkcije greške, imajući u vidu težine u mreži. Ovo je metod kojim je moguće menjati funkciju greške, u cilju njenog smanjenja. Funkcija je proporcionalna greški δ_{pk} u narednoj jedinici, tako da greška treba da bude izračunata prvo u izlaznoj jedinici, a potom prebačena nazad kroz mrežu u ranije jedinice da bi im se dozvolila promena njihove težine u vezama. To je povratno vraćanje greške u mreži koje se naziva povratno prenošenje (*back-propagation*).

Jednačine (4.15) i (4.18) zajedno definišu na koji način može da se trenira višeslojna mreža.

Prednost korišćenja sigmoidne funkcije je njena sličnost sa funkcijom praga, i ona se može definisati kao:

$$f(\text{net}) = 1 / (1 + e^{-k(\text{net})}) \quad (4.19)$$

Razlog za korišćenje je u jednostavnijoj implementaciji povratnog prenošenja. Izlaz jedinice o_{pj} je dato sa:

$$o_{pj} = f(\text{net}) = 1 / (1 + e^{-k(\text{net})}) \quad (4.20)$$

Izvod u odnosu na tu jedinicu, $f'(\text{net})$ je data sa:

$$\begin{aligned} f'(\text{net}) &= ke^{-k(\text{net})} / (1 + e^{-k(\text{net})})^2 \\ &= kf(\text{net})(1 - f(\text{net})) \\ &= ko_{pj}(1 - o_{pj}) \end{aligned} \quad (4.21)$$

Izvod je dakle, prosta funkcija izlaza.

4.3.2 Pravilo Delta za obučavanje mreže

Ovo pravilo podrazumeva da se poravnavanje težina pravi na način da se greška između željenog i aktuelnog izlaza smanjuje. To znači da ukoliko je x_i negativan vrednosti težina rastu, a ukoliko je x_i pozitivno vrednosti težina opadaju.

Intuitivno, poravnavanje vrednosti w_i , Δw_i , treba da bude proporcionalno sa x_i i grešci

$$\Delta w_i \propto x_i \delta$$

gde je δ greška između željenog i aktuelnog izlaza y .

Widrow i *Hoff* su razvili metod za poboljšanje težina baziran na pretpostavkama. Ovaj metod je postao poznat kao pravilo delta, ali se naziva još i pravilo *Widrow-Hoff* i pravilo najmanjih srednjih kvadrata (LMS), zbog toga što se ovaj metod kasnije bazirao na minimiziranju kvadrata grešaka između željenih i aktuelnih izlaza. Da bi se to postiglo, pravljenje modifikovanje originalne intuitivne jednačine izvršeno.

ADELIN predviđa prolaz kroz nelinearnu funkciju koja se naziva limitator. U cilju da omoguće da promene u težinama rezultiraju da se neuron pravilno realizuje, *Widrow* i *Hoff* su modifikovali definisanje δ greške:

$$\delta = d - net \tag{4.22}$$

gde je net vrednost sume težina, a d u slučaju ADELIN ima vrednost +1 ili -1.

Kvadrat greške može da bude minimizovan korišćenjem sledeće jednačine:

$$\Delta w_i = \frac{\eta}{P} \sum_{p=1}^P \delta_p x_{ip} \tag{4.23}$$

gde je P broj uzoraka u setu za trening. Trening ADELIN korišćenjem pravila delta se sastoji u traženju srednje vrednosti $x\delta$ za svaki od ulaza kroz ceo set za treniranje. Težine su tada poravnate vrednošću η , koja je konstanta i njena vrednost je određena od strane korisnika.

4.3.3 Povratno prenošenje (Back-propagation)

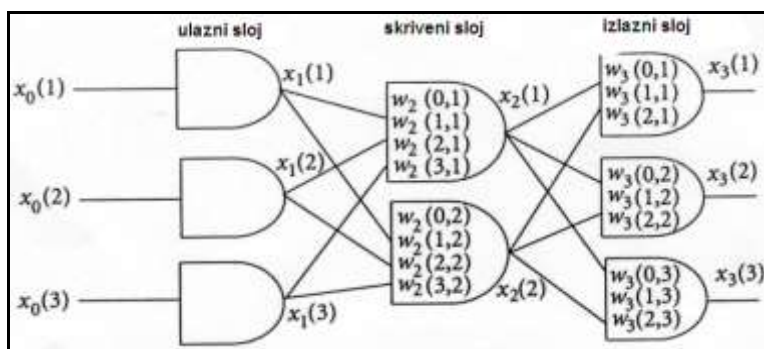
Sve binarne funkcije mogu biti implementirane korišćenjem višeslojnih perceptrona, a takođe i sve klasifikacije mreža. To jeste veliki zahtev, ali na ovaj način problem nije rešen već je samo stvoreno okruženje u kome mreža može da funkcioniše. Pošto rešenje postoji, izborom odgovarajućeg broja slojeva i broja perceptrona u svakom od slojeva treba da se omogući nalaženje rešenja.

Na sledećoj slici vide se tipični višeslojni perceptroni, sa tri sloja, ulaznim, skriveni i izlaznim.

Prikazana mreža je kompletno povezana, što znači da je izlaz na svakom od neurona na prethodnom sloju povezan sa ulazom svakog od neurona na narednom sloju, počevši od

4. FORMULACIJA ODGOVARAJUĆIH MATEMATIČKIH MODELA ZA PLANIRANJE PROJEKATA U GRAĐEVINARSTVU

ulaznog sloja i završavajući na izlaznom sloju. Nije svaki višeslojni perceptron povezan na ovaj način, ali je ovo uobičajeni način funkcionisanja mreže.



Slika. 4.5 Tro-slojni perceptroni

Za kompletno povezanu mrežu, kao na slici vrednost $net_2(1)$ je

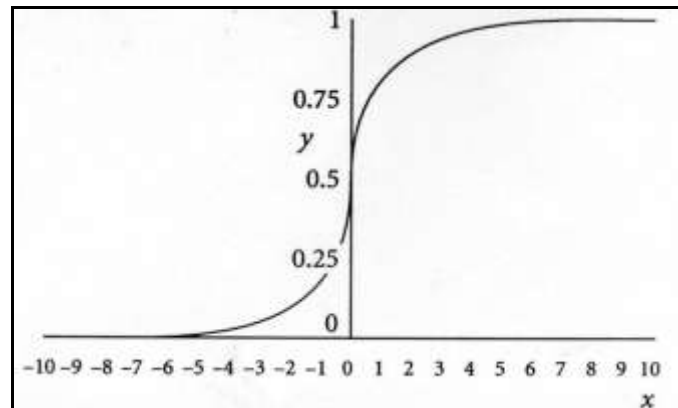
$$net_2(1) = \sum_{i=0}^3 w_2(i, 2)x_1(i) \quad (4.24)$$

U cilju treninga višeslojnih perceptrona potrebno je uvesti novo pravilo učenja. Originalno pravilo učenja perceptrona ne može biti prošireno na višeslojne perceptrone zbog funkcije izlaza, i limitatora koji nisu diferencijabilni. Ukoliko težine treba da budu poravnate bilo gde u mreži, njihov efekat na izlaz treba da bude poznat, a takođe i greška. Smanjivanje funkcije greške u zavisnosti od težine mora da bude određeno, korišćenjem originalnog pravila delta za ADELIN.

Neke od najčešće korišćenih aktivacionih funkcija su sledeće:

- odskočna funkcija (step funkcija)
- signum funkcija
- sigmoidna funkcija
- hiperboličko-tangentna funkcija
- linearna funkcija
- linearna funkcija s pragom.

Nova izlazna funkcija je obično nelinearna, koja obično ne može da bude uključena u proces, ako je diferencijabilna. Jedna koja se uspešno koristi za višeslojne perceptrone je sigmoidna funkcija, prikazana na slici:



Slika. 4.6 Sigmoidna funkcija

Jednačina sigmoidne funkcije je:

$$y = \frac{1}{(1 + e^{-x})} \quad (4.25)$$

Za pozitivne vrednosti x , ukoliko x raste y teži vrednosti 1. Slično, za negativne vrednosti x , ukoliko vrednost x raste y teži 0. Osim toga interesantno je da kada je $x = 0$, $y = 0,5$. Izlaz je neprekidan između 0 i 1, i ukoliko se funkcija diferencira postaje:

$$\frac{dy}{dx} = y' = y(1 - y) \quad (4.26)$$

Procedura treninga je slična pravilu delta, i često se objašnjava i kao generalizovano pravilo delta, iako je poznatije kao povratno prenošenje (*back-propagation*) (Rumelhart i McClelland, 1986). Promena u težinama w_i u jediničnom perceptronu sa sigmoidnom funkcijom je:

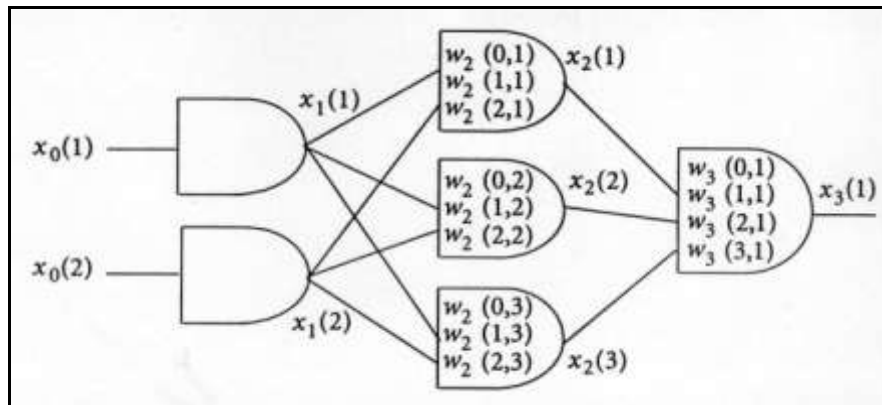
$$\Delta w_i = \frac{\eta}{P} \sum_{p=1}^P x_{ip} \delta p \quad (4.27)$$

Razlika između generalizovanog pravila delta i prethodnog ADELIN pravila delta je u definisanju δ_p . U toj jednačini ova vrednost je definisana kao $y_p(1 - y_p)(d_p - y_p)$.

Takođe, samo u originalnom pravilu delta, ova jednačina je obično aproksimirana kao:

$$\Delta w_i = \eta x_i \delta \quad (4.28)$$

Težine se poboljšavaju nakon svakog prolaza, a ne nakon kompletnog treninga, jer je set za trening obično jako veliki, i vreme koje je za to potrebno je vrlo često neprihvatljivo. To je ekvivalentno minimiziranju srednjeg kvadrata greške, i široko je usvojeno. Ova formula sadrži sve elemente u više-slojnoj mreži. Međutim, perceptroni u skrivenom sloju koji nisu direktno povezani sa izlazom zahtevaju različitu definiciju za δ .



Slika. 4.7 Troslojni perceptron sa jednim izlazom

Na prethodnoj slici je prikazana troslojni perceptron sa jednim izlazom, gde se osnovni problem postavio u određivanju težine u skrivenom sloju. Ako je cilj da se promeni $w_2(1,2)$, tada je promena data kroz jednačinu:

$$\Delta w_2(1,2) = \eta x_1(1) \delta_2(2)$$

gde je $\delta_2(2) = x_2(2)[1 - x_2(2)]w_3(2,1)\delta_3(1)$

i $\delta_3(1) = x_3(1)[1 - x_3(1)][d - x_3(1)]$ (4.29)

Ovaj primer pokazuje da sve potrebne jednačine koje su potrebne za primenu povratnog prenošenja (*back - propagation*) na višeslojni perceptron (*multi-layered perceptron*).

4.3.4 Broj skrivenih slojeva

Percepcijom kroz više slojeva mogu da se obrade složene klasifikacije, koje obezbeđuje dovoljan broj nivoa percepcije u mreži sa dovoljnim brojem perceptrona na svakom pojedinačnom sloju. Teorema koju je postavio 1957. godine ruski matematičar A.N. Kolmogorov je korisan za određivanje maksimalnog broja slojeva.

Kolmogorljeva teorema se može uopštiti kroz sledeće objašnjenje (Lippmann, 1987):

"Ova teorema se odnosi na bilo koju kontinuiranu funkciju sa n promenljivih koja može da bude proračunata samo korišćenjem linearnih sumiranja i nelinearnu ali kontinualno rastuću funkciju od samo jedne promenljive. To efektivno znači da percepcija u tri sloja sa $n(2n+1)$ čvorova korišćenjem kontinualno rastuće nelinearne funkcije može da rezultira proračunom bilo koje kontinualne funkcije od n promenljivih. Percepcija u tri nivoa može da se koristi za kreiranje bilo koje kontinualne funkcije verovatnoće potrebne za klasifikaciju."

Dalja unapređivanje ovog zaključka može se naći u literaturi (Lapedes and Farber, 1988):

"Nisu potrebna više od dva skrivena sloja za procesuiranje realnih vrednosti ulaznih podataka, a tačnost aproksimacije je kontrolisana brojem neurona po sloju, a ne brojem slojeva"

Međutim, dva nivoa skrivenih neurona nije uvek najefikasniji broj i optimalna kombinacija. Korišćenje više nivoa može rezultirati manjem broju neurona u kompletnoj mreži.

Neka istraživanja (Hornick et al., 1989) pokazuju da su samo tri sloja potrebna. Oni daju teoretski dokaz da je percepcija sa tri sloja sa sigmoidnom funkcijom izlaza univerzalna aproksimacija, što znači da one mogu biti trenirane za aproksimiranje bilo kog mapiranja između ulaza i izlaza. Tačnost aproksimacije zavisi od broja neurona u skrivenim slojevima.

4.3.5 Varijacije na standardnom više-slojnom perceptronu

Iako su višeslojni perceptroni sa jednim skrivenim slojem i sigmoidnom funkcijom kao nelinearnom izlaznom funkcijom, najčešća forma, postoji još mnogo varijacija. Te varijacije se prave najčešće sa ciljem ubrzavanja treninga.

Promene težine kroz perceptrone su date jednačinom:

$$\Delta w = \eta x \delta \quad (4.30)$$

Modifikacije koje ponekad ubrzavaju konvergenciju su dodatak terminu momentum, koji je jednak konstanti, α , pomnožen sa aktuelnom vrednošću Δw .

$$(\Delta w)_{k+1} = \eta x \delta + \alpha (\Delta w)_k \quad (4.31)$$

Biranjem odgovarajuće vrednosti α koja zavisi od testiranja i greške, iako je standardno selektovanje vrednosti takvo da ona treba da bude mala u odnosu na vrednost $\eta x \delta$. Druga varijacija je dozvoljavanje izlazne vrednosti od -1 do +1, umesto od 0 do +1. To je zahtevano (Haykin, 1999) da bi mogao da se ubrza proces treninga zbog toga što je funkcija anti-simetrična, tj. $f(-x) = -f(x)$. To u protivnom, će verovatnije proizvesti izlaznu veličinu sa sredinom u nuli, za razliku od sigmoidne funkcije koja proizvodi sve pozitivne izlazne veličine. Ovaj opseg je dostignut izravnavanjem sigmoidne funkcije kroz sledeću jednačinu:

$$y = \frac{2}{1 + e^{-x}} - 1 = \frac{(1 - e^{-x})}{(1 + e^{-x})} \quad (4.32)$$

Ako je ova funkcija korišćena, koja se naziva hiperbolička tangenta, pravilo povratnog prenošenja treba da bude modifikovano tako da izvod od y po x je:

$$y' = 2y(1 - y) \quad (4.33)$$

To znači da vrednost η , koeficijent učenja, može da bude dupliran.

Postoji mnogo kompleksnijih varijacija koje uključuju variranje koeficijenata učenja, pravljenje boljih pretpostavki gradijenata i pomeranje duž istih, i neki koji prave pretpostavke u vezi podataka za unapređivanje učenja.

Konačna varijacija je korišćenje trigonometrijskih funkcija, kao što su $\sin(x)$ i $\tan(x)$ umesto sigmoidne (Baum, 1986). To je zahtev za unapređivanjem karakteristika mreže kada su ulazi signali koji mogu biti prikazani kao serije *Fourier-a*.

4.3.6 Zaustavljanje treninga

Trening neuralne mreže započinje sa određenim setom podataka. Prvi korak je podela podataka na set za trening i set za testiranje. Treniranje mreže se vrši sa setom za trening, a zatim se vrši testiranje korišćenjem seta za testiranje, da bi se videlo koliko dobro se slažu sa prethodno neviđenim podacima.

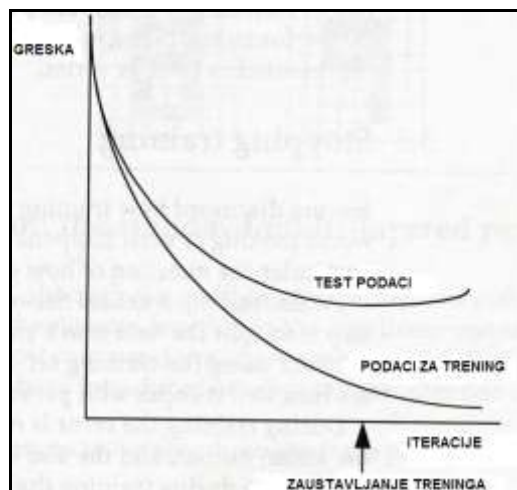
Tokom treninga greška se meri između željenog izlaza i aktuelnog izlaza, a cilj je da se smanji ta greška izravnavanjem težina. Tokom treninga greška (ili preciznije kvadrat greške) treba da opada, a trening se prekida kada dostigne dovoljno nisku vrednost.

Traži se greška koja bi trebala da bude što je moguće manja, tako da neuralna mreža može da proizvede podatke za trening što je moguće bliže. Međutim, iskustvo pokazuje da se mreža nikada ne realizuje na setu za testiranje onoliko dobro koliko i na setu za trening. Ovaj fenomen je poznat kao "previše testiranja", a za mrežu se kaže da previše odgovara podacima za trening.

Fundamentalna karakteristika neuralne mreže je sposobnost da uči i generalizuje. Kroz previše istrenirane podatke sposobnost generalizacije će se smanjiti. Pitanje je kako znati kada zaustaviti trening kako bi se izbegao suvišan trening.

Rešenje je da se podaci podele na tri seta umesto ranije predložena dva seta. Ti setovi se najčešće nazivaju setovi za trening i greška se prati da bi se izravnale težine, tj. težinski koeficijenti. Međutim, tokom treninga mreža takođe pokazuje podatke za test i proizvedenu grešku. Primećuje se da kada je mreža prikazana težinski koeficijenti test podataka nisu usklađeni – samo posle prezentovanja sa podacima za trening težinski koeficijenti se usklađuju i poravnavaju korišćenjem povratnog prenošenja.

Tokom procesa treninga greška između željenog izlaza i aktuelnog izlaza treba da pada. Međutim, greška test podataka treba takođe da pada ali da bude viša nego greška podataka za trening, kao što je prikazano na slici 4.8.



Slika 4.8 Greška u setu podataka za trening i test tokom treniranja

U nekoj tački treninga greška podataka za testiranje prestaje da opada, a može čak i da počne da raste. Tu počinje prekoračivanje treninga, tj. mreža počinje da previše odgovara podacima za trening. Ako je trening zaustavljen u tački gde greška u podacima za testiranje počinje da raste, tada prekoračivanje treninga može da se izbegne.

Efektivno, kompromis je postignut kada je mreža trenirana da bi se postigla dobra realizacija na setu za trening i setu za testiranje, pre nego davanje bolje realizacije na setu za trening na štetu loše realizacije na setu za trening.

Konačno, mreža je prezentovana sa setom za upoređivanje, i realizacija je procenjena na setu koji sadrži prethodno nepoznate i nesagledavane podatke.

4.3.7 Mreže koje se same organizuju (samo-organizujuće mreže)

Varijacija neuralnih mreža koja predstavlja sistem koji se naziva samo-organizujuće mreže. Ovi sistemi se treniraju prikazivanjem primera koji su klasifikovani, i mreži je dozvoljeno da proizvede sopstveni ulazni kod za klasifikaciju.

U prethodno iznetom obrazloženju neuralnih mreža izlaz je obezbeđen (tj. unapred pripremljen) od strane korisnika tokom treniranja, i taj način se naziva nadgledani tj. kontrolisani trening mreže. Trening mreža koje se samo organizuju može da bude i kontrolisan, ali i bez kontrole tj. nadgledanja. Prednost nekontrolisanog učenja je u tome što se u mreži nalazi sopstveni energetska minimum i tako teži da bude efikasnija u smislu broja šema koje mogu da se tačno arhiviraju i po potrebi aktiviraju.

U zavisnosti od potreba korisnika se predstavlja i izlaz. Tokom treninga ulazna šema je prikazana, i kada se odgovarajuća izlazna šema proizvede, korisnik zna da taj konkretan kod odgovara klasi koja sadrži ulaznu šemu.

U mrežama koje se same organizuju četiri činioca su potrebna da budu zadovoljena (Pincton P.D., 2000):

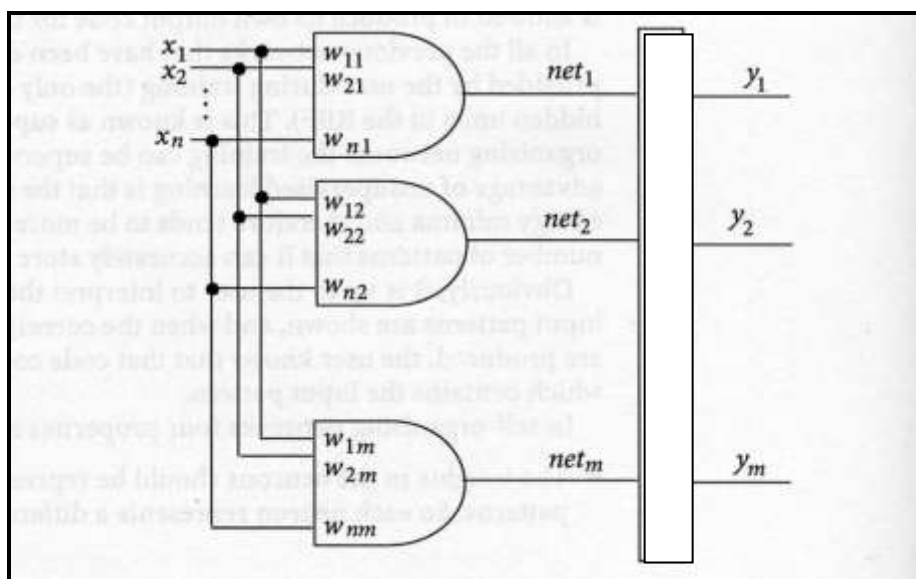
- težine u neuronima treba da budu predstavnici klasa pojedinih šema. Na taj način svaki od neurona predstavlja različitu klasu;
- ulazne šeme su prikazane svim neuronima, i svaki neuron proizvodi izlaz. Vrednost izlaza svakog od neurona se koristi kao mera odnosa, tj. koliko odgovara ulazna šema i šema koja se nalazi u svakom od neurona;
- odgovarajuća strategija učenja koja selektuje neurone sa najvećim odgovorom na pojedine nadražaje;
- metod za učvršćavanje najvećeg odgovora na nadražaje.

4.3.8 *Instar i Outstar mreže*

Instar mreže i *Outstar* mreže (Carpenter, 1989) se baziraju na formiranju baza većeg broja mreža koje uključuju tzv. *counter-propagation* mrežu (Hecht-Nielsen, 1987) i *ART* mrežu (Carpenter i Grossberg, 1988). Neuroni u *Instar* mreži prikazani na slici 4.9 su u suštini isti kao i u ostalim neuralnim mrežama, tj. uzimaju ulaze x_i i proizvode težinske sume koje se nazivaju net_j :

$$net_j = \sum_{i=0}^n w_{ij}x_i \quad (4.34)$$

Ta težinska suma je izlaz neurona, što znači da nema nelinearnih izlaznih funkcija u neuronima.



Slika. 4.9 *INSTAR* mreža

Težinska suma može biti vektorski prikazana kao:

$$net_j = \sum_{i=0}^n w_{ij}x_i = [X][W_j] = |X||W_j|\cos(\theta) \quad (4.35)$$

gde $|X|$ predstavlja normu $[X]$, net_j je proizvod dva vektora tako da može da se predstavi kao 'dužina' jednog vektora pomnožena sa projekcijom drugih vektora u pravcu. Ako su dva vektora identična, θ će biti jednak 0, i $\cos(\theta) = 1$.

Ukoliko je ugao (pozitivan ili negativan) veći, manja će biti vrednost proizvoda. U ekstremnom slučaju, ukoliko je ulazna šema inverzna od sačuvanih težina, θ je $\pm 180^\circ$ i $\cos(\theta) = -1$. Ako je postavljena pretpostavka da će šeme koje su slične biti blizu u prostoru postojećoj šemi, tada normalizovanje ulaznih vektora znači da je ulaz neurona mera sličnosti ulaznih šema i njihovih težina.

Ako je mreža inicijalno uspostavljena sa slučajnim težinama, i kada se primeni ulazna šema, svaki od neurona će proizvesti izlaz koji je mera sličnosti između težina i ulazne šeme. Neuron sa najvećom reakcijom biće onaj čije težine su najbližnije sa ulaznom šemom.

Normalizovanje ulaznog vektora znači deljenje veličine vektora koji je kvadratni koren sume kvadrata svih elemenata vektora.

$$|X| = \sqrt{\sum_{i=1}^n x_i^2} \quad (4.36)$$

Sledeći korak je primena pravila učenja tako da neuron sa najvećom reakcijom bude selektovan i njegove težine budu izravnate da bi se povećala njegova reakcija. Prvi deo je opisan kao 'pobednik uzima sve' (*winner takes all*) mehanizam, i može jednostavno da se predstavi:

$$y_j = 1 \quad \text{ako je } net_j > net_i \text{ za sve } i, i \neq j$$

$$y_j = 0 \quad \text{u svakom drugom slučaju.}$$

Pravilo učenja sa poravnavanjem težina je različito od pravila *Hebbian* koje je objašnjeno u prethodnom delu poglavlja. Umesto poravnavanja težina tako da se aktuelni izlaz slaže sa željenim izlazom, težine su poravnate tako da one postaju kao ulazne šeme.

Matematički, pravilo učenja, koje se često referiše kao *Kohonen*-ovo učenje (Hecht-Nielsen, 1987) je:

$$\Delta w_{ij} = k(x_i - w_{ij})y_j \quad (4.37)$$

U ekstremnom slučaju gde je $k = 1$, nakon prikazivanja sa šemom težina u određenom neuronu će biti poravnate težine tako da budu identične sa ulazom, tako da je $w_{ij} = x_i$. Tada za taj neuron, izlaz je maksimalan za tu ulaznu šemu. Ostali neuroni su trenirani da budu maksimalni za ostale ulazne šeme.

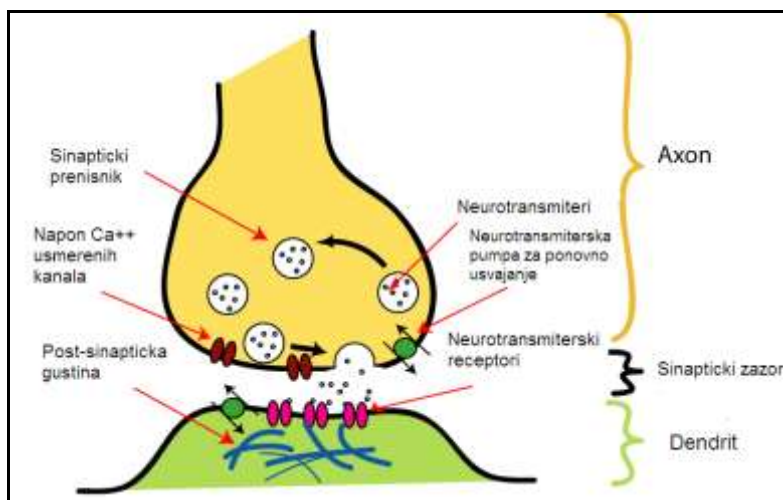
Tokom treninga samo neuron sa najvećom reakcijom će imati izlaz jednak 1. Nakon takmičarskog procesa učenja, dok su svi ostali ulazi jednaki 0, tako će samo taj neuron usvojiti njihove težine.

Kombinacija traženja težinske sume normalizovanih vektora, *Kohonen*-ovog učenja i njihova kombinacija, znači da *Instar* mreža ima sposobnost da se samostalno organizuje, tako da ti individualni neuroni imaju težine koje predstavljaju određene šeme ili klase šema.

4.3.9 Neuralno čišćenje (*Neural pruning*)

Neuralno ili sinaptičko čišćenje se odnosi na neurološke regulatorne procese, koji održavaju produktivne promene u neuralnoj strukturi smanjivanjem ukupnog broja neurona ili veza, ostavljajući mnogo efikasniju sinaptičku konfiguraciju.

Cilj neuralnog čišćenja je eliminisanje nepotrebnih neuralnih struktura iz mreže, tj. mozga. Ideja čišćenja je eliminisanje neurona koji su oštećeni ili degradirani u cilju daljeg poboljšanja kapaciteta neuralne mreže. Mehanizam ne radi samo u cilju razvoja i reparacije, već i kao kontinualno održavanje efikasnije funkcije mreže eliminisanjem neurona sa njihovom sinaptičkom efikasnošću.



Slika 4.10 Prikaz biološkog neurona sa problemima sinaptičkog čišćenja (<http://en.wikipedia.org/wiki/File:SynapseIllustration2.png>)

4.4 Asocijativne memorije

Asocijativna memorija je neuralna mreža gde je određeni broj ulaznih šema (kombinacija ulaznih podataka) povezan sa određenim brojem izlaznih šema (podataka). Tokom nadgledanog treninga ulazna šema tj. set podataka, je prikazana kroz sistem kao i zahtevana izlazna šema, tj. rezultati. Ukoliko je trening uspešno sproveden, ulazna šema će proizvesti korektnu izlaznu šemu, tj. podatke. Za primenu asocijativne memorije prema Pao (1989) treba:

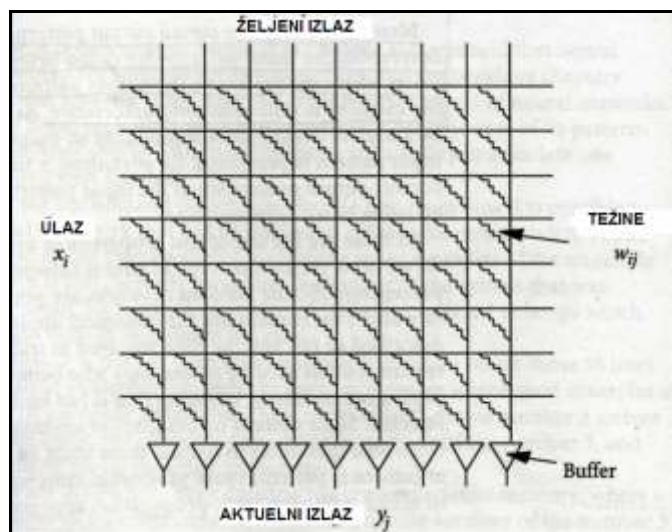
- obezbediti veliki broj povezanih parova ulaznih i izlaznih podataka;

4. FORMULACIJA ODGOVARAJUĆIH MATEMATIČKIH MODELA ZA PLANIRANJE PROJEKATA U GRAĐEVINARSTVU

- odraditi sakupljanje podataka kroz proces samo-organizovanja;
- informacije sortirati;
- generisati odgovarajući izlaz na osnovu ulazne šeme;
- generisati tačan izlaz i za nekompletne izlazne šeme;
- predvideti i mogućnost pridruživanje novih kombinacija postojećoj memoriji.

Memorije koje proizvode izlazne šeme koje su različite od odgovarajućih ulaznih šema se nazivaju hetero-asocijativne. Specijalan slučaj je kada su ulazne i izlazne šeme iste, i u takvom slučaju se radi o auto-asocijativnoj memoriji.

Postoji više načina za formiranje asocijativne memorije. Prvi primeri asocijativne memorije su bili tzv. matrice učenja, a one su prema (Steinbuch, 1961; Steinbuch i Piske, 1963) elektronski moduli koji usvajaju težinsko povezivanje korišćenjem Hebbian-ovog pravila učenja. Na slici 4.11 je prikazana matrica sa ulazima x_i i izlazima y_j . "Veze između ulaznih i izlaznih veličina pomnožena su pomnožene težinama w_{ij} . Tokom treninga uzorak je prikazan u ulaznoj liniji, a odgovarajući izlazni uzorak je postavljen na izlaznoj liniji. Težinama se dodaju male vrednosti, tako da su ulazi i izlazi jednaki 1" (Picton P, 2000).



Slika 4.11 Matrica učenja (Picton P.D., 2010)

Ukoliko postoji P parova za trening tada je,

$$w_{ij} = \eta \sum_{p=1}^P x_{ip} y_{jp} \tag{4.38}$$

gde je η mala vrednost.

4. FORMULACIJA ODGOVARAJUĆIH MATEMATIČKIH MODELA ZA PLANIRANJE
PROJEKATA U GRAĐEVINARSTVU

Operacije vezane za matricu učenja mogu matematički da budu objašnjene na sledeći način:

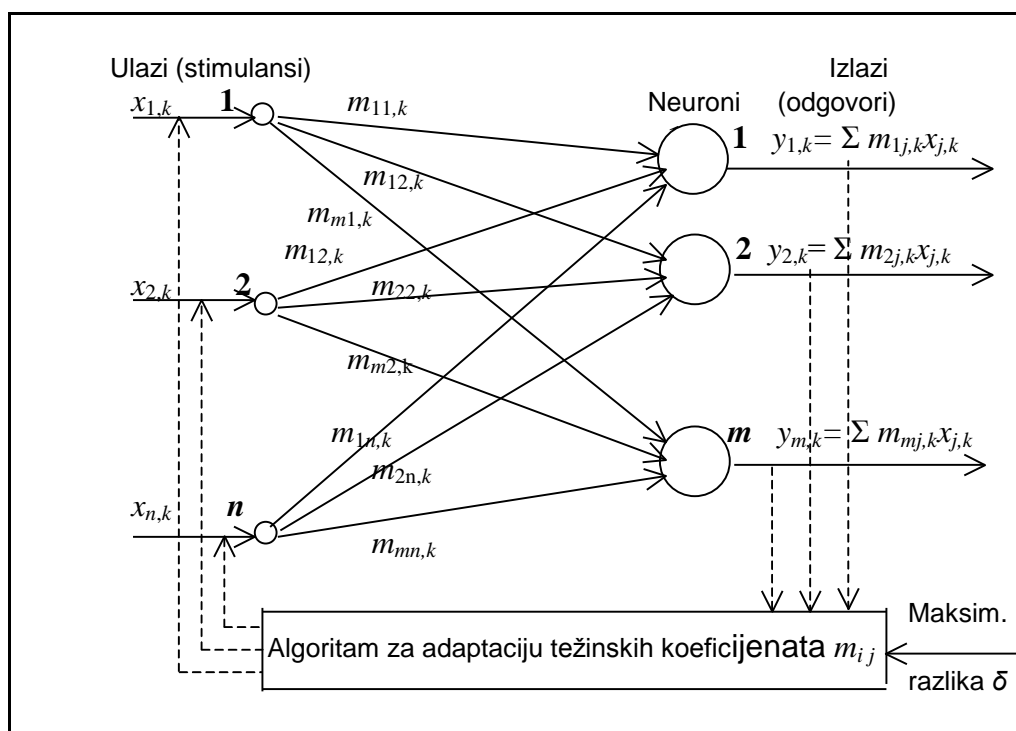
$$Y = XW \quad (4.39)$$

$$W = \eta X^T Y \quad (4.40)$$

gde su X , Y i W matrice, a X^T transponovana matrica.

U matričnoj notaciji, ulazni vektor, X , ima p redova, označenih od X_1 do X_p . Ti vektori predstavljaju ulazne uzorke, tako da je X_1 prvi ulazni uzorak, a X_p poslednji. Slično, pridruženi izlazni uzorak vektora, Y , ima p redova, sumiranih od Y_1 do Y_p . Uvek je moguće konvertovati vektor nazad u uzorak i obrnuto. Generalno, set ulaznih uzoraka, X , će imati p ulaznih vektora, i svaki od njih može da se razvije u n veličina, x_{ip} , tako da je x_{ip} i -ti ulaz sa vrednošći iz p -tog uzorka.

Asocijativne memorije pripadaju klasi veštačkih neuralnih mreža (*artificial neural networks ANN*) kod koji ulazni uzorci ili vektori x , koji pripadaju realnom Euklidovom (*Euclidean*) prostoru $x \in R^n$ se transformišu u izlazni uzorak ili vektor y koji pripada realnom Euklidovom prostoru $y \in R^n$. U daljem tekstu će se prikazati formiranje i upotreba linearne asocijativne memorije prema radovima (Praščević Ž., 2010 i Praščević Ž., Knežević M., 2010).



Slika 4.12 Linearna heteroasocijativna memorija (Praščević Ž., 2010)

4. FORMULACIJA ODGOVARAJUĆIH MATEMATIČKIH MODELA ZA PLANIRANJE
PROJEKATA U GRAĐEVINARSTVU

Jednoslojna neuralna mreža prikazana na slici 4.12, ima p ulaznih vektora x_k , koji se nazivaju ključni ulazni uzorci:

$$x_k = [x_{1,k}, x_{2,k}, \dots, x_{n,k}]^T, k = 1, 2, \dots, p \quad (4.41)$$

i p izlaznih uzoraka y_k , koji se nazivaju memorisani uzorci ili vektori:

$$y_k = [y_{1,k}, y_{2,k}, \dots, y_{m,k}]^T, k = 1, 2, \dots, p \quad (4.42)$$

Ovakvi sistemi, u kojima se ulazni vektori ili uzorci transformišu u memorisane ili izlazne vektore ili memorisane uzorke i iz kojih se mogu dobiti odgovarajući memorisani uzorci aktiviranjem ulaznih uzoraka, naziva se asociativne memorije. Transformacija ulaznih vektora x_k u izlazne vektore y_k može da se prikaže na sledeći način:

$$y = M(x) \quad (4.43)$$

Ako je ta veza linearna, tj. ako je

$$y = Mx \quad (4.44)$$

onda matrica M predstavljena matricu linearne asocijativne memorije.

Memorija predstavljena izrazom (4.43) je heteroasocijativna. Ako su vektori x i y jednaki, tj. $y = x$, memorija $M(x)$ je autoasocijativna.

Ako se u memoriju $M(x)$ unese vektor ili uzorak x_k ili njemu veoma blizak vektor \hat{x}_k iz memorije će se dobiti kao odgovor memorisani vektor ili uzorak y_k . Prema tome, vektori x_k predstavljaju adrese memorisanih podataka, odnosno vektora odgovora y_k . Kapacitet linearne asocijativne p_{\max} memorije izražava broj p_{\max} parova vektora x_k i y_k koji se mogu smestiti u memoriju $M(x)$ i iznosi

$$p_{\max} < n \quad (4.45)$$

gde je n broj atributa.

Na sl. 4.12 je prikazana linearna heteroasocijativna memorija koja predstavlja jednoslojnu neuralnu mrežu sa aktivacionom funkcijom identiteta prema jednačini (4.42)

$$y_i = f\left(\sum_{j=1}^n m_{ij}x_j\right) = \sum_{j=1}^n m_{ij}x_j, \quad i = 1, 2, \dots, m. \quad (4.46)$$

gde su m_{ij} elementi matrice \mathbf{M} , koja ima dimenzije (m,n) i u teoriji neuralnih mreža se naziva matrica težina, a njeni elementi m_{ij} se nazivaju težine.

U praksi svi atributi i kriterijumi nisu podjednako značajni za određivanje troškova i profita projekta, za donosioca odluka, odnosno investitora ili njegovog konsultanta (Inženjera). Zbog toga se uvode koeficijenti značajnosti za attribute, koji se izražavaju

4. FORMULACIJA ODGOVARAJUĆIH MATEMATIČKIH MODELA ZA PLANIRANJE
PROJEKATA U GRAĐEVINARSTVU

vektorom $\bar{\mathbf{w}}_x$, dok se za kriterijume izražavaju vektorom $\bar{\mathbf{w}}_y$ pisanim u transponovanoj formi

$$\bar{\mathbf{w}}_x = [\bar{w}_{x1}, \bar{w}_{x2}, \dots, \bar{w}_{xn}]^T \text{ i } \bar{\mathbf{w}}_y = [\bar{w}_{y1}, \bar{w}_{y2}, \dots, \bar{w}_{ym}]^T \quad (4.47)$$

Za ove koeficijente često važi

$$\sum_{i=1}^n \bar{w}_{xi} = 1, \quad \sum_{i=1}^m \bar{w}_{yi} = 1. \quad (4.48)$$

U daljim razmatranjima se vrši normalizovanje komponentata vektora $\mathbf{x}(k)$ i $\mathbf{y}(k)$ tako što se one dele sa maksimalnim Euklidovim normama N_x i N_y i dobijaju normalizovane vrednosti

$$\bar{x}_{i,k} = \bar{w}_{xi} x_{i,k} / N_x \leq 1, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (4.49)$$

$$\bar{y}_{i,k} = \bar{w}_{yi} y_{i,k} / N_y \leq 1, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad k = 1, 2, \dots, p, \quad (4.50)$$

Maksimalne vrednosti Euklidovih normi su

$$N_x = \max \left\{ \|\mathbf{x}_1\|_2, \|\mathbf{x}_2\|_2, \dots, \|\mathbf{x}_p\|_2 \right\}, \quad (4.51)$$

$$N_y = \max \left\{ \|\mathbf{y}_1\|_2, \|\mathbf{y}_2\|_2, \dots, \|\mathbf{y}_p\|_2 \right\}, \quad (4.52)$$

gde su

$\|\mathbf{x}_k\|_2$ i $\|\mathbf{y}_k\|_2$ Euklidove norme vektora \mathbf{x}_k i \mathbf{y}_k

$$\|\mathbf{x}_k\|_2 = [(x_{1,k})^2 + (x_{2,k})^2 + \dots + (x_{n,k})^2]^{1/2}, \quad k = 1, 2, \dots, p, \quad (4.53)$$

$$\|\mathbf{y}_k\|_2 = [(y_{1,k})^2 + (y_{2,k})^2 + \dots + (y_{m,k})^2]^{1/2} \quad k = 1, 2, \dots, p. \quad (4.54)$$

Pomoću izraza (4.53) i (4.54) određuju se veličine ili apsolutumi ovih vektora (Kurepa 1966).

Na ovaj način se dobijaju normalizovani vektori pisani u transponovanom obliku

$$\bar{\mathbf{x}}_k = [\bar{x}_{1,k}, \bar{x}_{2,k}, \dots, \bar{x}_{n,k}]^T \text{ i } \bar{\mathbf{y}}_k = [\bar{y}_{1,k}, \bar{y}_{2,k}, \dots, \bar{y}_{m,k}]^T, \quad (4.55)$$

koji se koriste za formiranje heteroasocijativne memorije koja se izražava matricom $\bar{\mathbf{M}}$.

U normiranim ili Banahovim funkcionalnim prostorima, norma je neka homogena funkcija koja zadovoljava propisane uslove. U vektorskom prostoru nad skupom realnih brojeva R^n ili kompleksnih brojeva C^n , gde je n dimenzija prostora, norma je, kako je već rečeno, veličina ili apsolutum vektora, koji se naziva i dužina vektora.

Početna forma matrice $\bar{\mathbf{M}}$ određuje se prema izrazu (Kohonen (1972), Zurada (1992), Ham i Kostanić (2001)), koji predstavlja zbir spoljašnjih vektorskih proizvoda

$$\bar{\mathbf{M}} = \sum_{k=1}^p \bar{\mathbf{y}}_k \bar{\mathbf{x}}_k^T, \quad (4.56)$$

ili

$$\bar{\mathbf{M}} = \bar{\mathbf{Y}} \bar{\mathbf{X}}^T, \quad (4.57)$$

gde su matrice $\bar{\mathbf{X}}$ i $\bar{\mathbf{Y}}$ sastavljene od vektora kolona $\bar{\mathbf{x}}_k$ i $\bar{\mathbf{y}}_k$ respektivno.

$$\bar{\mathbf{X}} = [\bar{\mathbf{x}}_1 \bar{\mathbf{x}}_2 \dots \bar{\mathbf{x}}_p], \quad (4.58)$$

$$\bar{\mathbf{Y}} = [\bar{\mathbf{y}}_1 \bar{\mathbf{y}}_2 \dots \bar{\mathbf{y}}_p]. \quad (4.59)$$

Matrica $\bar{\mathbf{X}}$ je tipa (n,p), a matrica $\bar{\mathbf{Y}}$ tipa (m,p), tako da je matrica $\bar{\mathbf{M}}$ tipa (m,n).

Matrica $\bar{\mathbf{M}}$ formirana prema izrazu (4.56) naziva se matrica korelacione memorije (Kohonen, 1972).

Ako se ova matrica pomnoži sa jednim od ključnih vektora stimulansa $\bar{\mathbf{x}}^{(i)}$, dobiće se vektor odgovora $\bar{\mathbf{y}}$

$$\bar{\mathbf{y}} = \bar{\mathbf{M}} \bar{\mathbf{x}}_i = \bar{\mathbf{y}}_i \bar{\mathbf{x}}_i^T \bar{\mathbf{x}}_i + \sum_{k=1, k \neq i}^p \bar{\mathbf{y}}_k \bar{\mathbf{x}}_k^T \bar{\mathbf{x}}_i \quad (4.60)$$

ili

$$\bar{\mathbf{y}} = \bar{\mathbf{y}}_i \|\bar{\mathbf{x}}_i\|_2^2 + \bar{\mathbf{z}}_i, \quad (4.61)$$

$$\|\bar{\mathbf{x}}_i\|_2^2 = \bar{\mathbf{x}}_i^T \bar{\mathbf{x}}_i, \quad \bar{\mathbf{z}}_i = \sum_{k=1, k \neq i}^p \bar{\mathbf{y}}_k \bar{\mathbf{x}}_k^T \bar{\mathbf{x}}_i. \quad (4.62)$$

Ako su veličine ili norme ulaznih ključnih vektora $\bar{\mathbf{x}}_k$ ($k=1,2,\dots,i,\dots,p$) jednake 1, a vektori međusobno ortogonalni, tako da je njihov skalarni (unutrašnji) proizvod $\bar{\mathbf{x}}_i^T \bar{\mathbf{x}}_k = 0$ ($i=1,2,\dots,p; k=1,2,\dots,p; i \neq k$), onda je vektor odgovora prema (4.60) $\bar{\mathbf{y}} = \bar{\mathbf{y}}_i$.

Iz memorije $\bar{\mathbf{M}}$ je u ovom slučaju, koristeći ulazni vektor $\bar{\mathbf{x}}_i$ kao adresu, izvučen ili dobijen traženi memorisani odgovor $\bar{\mathbf{y}}_i$ koji je, kako se to kaže, perfektno reprodukovano. U praktičnim situacijama uslov da je $\bar{\mathbf{z}}_i = \mathbf{0}$ veoma je retko kada ispunjen. U tim slušajevima u izrazu (4.62) postoji dodatak $\bar{\mathbf{z}}_i \neq \mathbf{0}$, koji predstavlja efekat šuma (engl. *noise*) ili efekat smetnji. Memorisani uzorak $\bar{\mathbf{y}}_i$ nije perfektno reprodukovano, zbog čega treba korigovati matricu korelacione memorije $\bar{\mathbf{M}}$ i dobiti novu matricu \mathbf{M}^* za koju važi za svako $\bar{\mathbf{y}}_i$

$$\mathbf{M}^* \bar{\mathbf{x}}_i = \bar{\mathbf{y}}_i, \quad i = 1, 2, \dots, p; \quad (4.63)$$

ili s obzirom na (4.58) i (4.59)

$$\mathbf{M}^* \bar{\mathbf{X}} = \bar{\mathbf{Y}}. \quad (4.64)$$

Ova procedura korekcije matrice korelacione memorije $\bar{\mathbf{M}}$ da bi se dobila matrica \mathbf{M}^* , koja zadovoljava uslov (4.64) tačno ili približno sa unapred propisanim odstupanjima, naziva se u teoriji veštačkih mreža obučavanjem *veštačke neuralne mreže sa nadzorom* (engl. *supervised learning*). U obučavanju veštačke neuralne mreže sa nadzorom postoji

propisan uslov ili željene vrednosti, odnosno zahtevani odgovor mreže, koji treba da ispune izlazne promenljive. Ako taj željeni odgovor veštačke neuralne mreže nije propisan ili nije poznat onda je to *obučavanje veštačke neuralne mreže bez nadzora* (engl. *nonsupervised learning*). U numeričkoj proceduri obučavanja veštačke neuralne mreže menjaju se ili određuju vrednosti matrice težina, u ovom slučaju je to korelaciona matrica $\bar{\mathbf{M}}$, dok se ne ispune propisani uslovi, odnosno dobije željeni odgovor mreže.

Ako je $\bar{\mathbf{X}}$ kvadratna matrica ($n = p$), čija je determinanta $\det \bar{\mathbf{X}} \neq 0$, i rang $\rho_{\bar{\mathbf{X}}} = n$, onda se množenjem jednačine (4.64) sa inverznom matricom $\bar{\mathbf{X}}^{-1}$ dobija da je

$$\mathbf{M}^* = \bar{\mathbf{Y}}\bar{\mathbf{X}}^{-1}. \quad (4.65)$$

Ako matrica $\bar{\mathbf{X}}$ nije kvadratna i ako je njen rang $\rho_{\bar{\mathbf{X}}} \leq \min(n, p)$, a rang matrice $\bar{\mathbf{Y}}$ je $\rho_{\bar{\mathbf{Y}}} \leq \min(m, p)$, onda se množenjem jednačine (4.64) sa transponovanom matricom $\bar{\mathbf{X}}^T$ dobija

$$\mathbf{M}^* \bar{\mathbf{X}}\bar{\mathbf{X}}^T = \bar{\mathbf{Y}}\bar{\mathbf{X}}^T$$

ili s obzirom na (4.57)

$$\mathbf{M}^* \bar{\mathbf{X}}\bar{\mathbf{X}}^T = \bar{\mathbf{M}}. \quad (4.66)$$

ili

$$\mathbf{M}^* \bar{\mathbf{S}} = \bar{\mathbf{M}}. \quad (4.67)$$

Ovde je matrica $\bar{\mathbf{S}} = \bar{\mathbf{X}}\bar{\mathbf{X}}^T$ simetrična kvadratna matrica tipa (n, n) , i ako je njena determinanta $\det \bar{\mathbf{S}} \neq 0$, a rang $\rho_{\bar{\mathbf{S}}} = n$, onda ona ima inverznu matricu $\bar{\mathbf{S}}^{-1}$.

Matrična jednačina (4.66) sadrži $m \times n$ linearnih jednačina sa isto toliko nepoznatih m_{ij}^* ($i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$), tako da u ovom slučaju postoji jedinstveno tačno rešenje ovog sistema jednačina.

Množenjem jednačine (4.65) sa inverznom matricom $\bar{\mathbf{S}}^{-1}$ dobija se konačno

$$\mathbf{M}^* = \bar{\mathbf{M}}\bar{\mathbf{S}}^{-1}. \quad (4.68)$$

Da bi se mogla primenjivati jednačina (4.68) neophodno je da je

$$\rho_{\bar{\mathbf{S}}} = \rho_{\bar{\mathbf{X}}} = n, \quad p \geq n, \quad (4.69)$$

odnosno da su vektori vrste matrice $\bar{\mathbf{S}}$, kojih ima n , linearno nezavisni.

U praktičnim primenama uslovi (4.69) su retko kada ispunjeni, tako da se jednačina (4.68) ne može primenjivati. U takvim slučajevima, u kojima je kvadratna matrica $\bar{\mathbf{S}}$ singularna ($\det(\bar{\mathbf{S}}) = 0$) i koji se najčešće pojavljuju u praksi, mogu se primeniti sledeći postupci.

U prvom postupku se direktno rešava sistem linearnih jednačina (4.67) u kojem su nepoznate vrednosti elemenata matrice \mathbf{M}^* primenom Mur-Penrosove (*Moor-Penrose*) pseudoinverzne matrice $\text{pinv}(\bar{\mathbf{S}})$, koja se obeležava često u literaturi sa $\bar{\mathbf{S}}^+$ za koju važi

$$\bar{\mathbf{S}}^+ \bar{\mathbf{S}} \bar{\mathbf{S}}^+ = \bar{\mathbf{S}}^+, \quad \bar{\mathbf{S}} \bar{\mathbf{S}}^+ \bar{\mathbf{S}} = \bar{\mathbf{S}}.$$

Za kvadratnu i nesingularnu matricu $\bar{\mathbf{S}}$ je pseudoinverzna matrica $\bar{\mathbf{S}}^+$ jednaka inverznoj matrici $\bar{\mathbf{S}}^{-1}$, tj.

$$\bar{\mathbf{S}}^+ = \bar{\mathbf{S}}^{-1} \text{ ako je } \det(\bar{\mathbf{S}}) \neq 0. \quad (4.70)$$

Rešenje matricne jednačine (4.67) je

$$\mathbf{M}^* = \bar{\mathbf{M}} \bar{\mathbf{S}}^+. \quad (4.71)$$

Matrica hetero-asocijativne memorije \mathbf{M}^* se može dobiti direktno rešavanjem matricne jednačine (4.64)

$$\mathbf{M}^* = \bar{\mathbf{Y}} \bar{\mathbf{X}}^+ \quad (4.72)$$

gde je $\bar{\mathbf{X}}^+$ pseudo inverzna matrica matrice $\bar{\mathbf{X}}$.

Ako je matrica $\bar{\mathbf{S}}$ nesingularna i ima inverznu matricu $\bar{\mathbf{S}}^{-1}$, onda se prema izrazu (4.68) dobija tačno rešenje za elemente matrice \mathbf{M}^* .

U literaturi postoji nekoliko postupaka za određivanje elemenata pseudoinverznih matrica. Na osnovu tih postupaka su razvijeni posebni kompjuterski programi, odnosno podprogrami, u okviru velikih programskih sistema, kao što su na primer MATLAB, C++ i drugi. Jednačina (4.65) za određivanje heteroasocijativne memorije \mathbf{M}^* se može dobiti i primenom metode najmanjih kvadrata, kako je to pokazano u knjizi (Ham i Kostanić, 1991 i u radu Prašćević Ž., 2010).

Jednačina (4.65) se može dobiti i primenom metode najmanjih kvadrata.

Na ovaj način je izvršeno obučavanje veštačke neuralne mreže i dobijena matrica heteroasocijativne memorije \mathbf{M}^* , koja se može dalje koristiti da se za neki zadati ulazni vektor $\tilde{\mathbf{x}}_k$ koji ima normalizovanu formu $\tilde{\mathbf{x}}_k$ dobije izlazni vektor $\tilde{\mathbf{y}}_k$ koji je "najbliži", odnosno kojem najviše odgovara memorisani vektor $\bar{\mathbf{y}}_k$, tj.

$$\bar{\mathbf{M}}^* \tilde{\mathbf{x}}_k = \tilde{\mathbf{y}}_k \cong \bar{\mathbf{y}}_k. \quad (4.73)$$

Za određivanje odgovarajućeg "najbližeg" vektora $\bar{\mathbf{y}}_k$ sračunava se Hemingova (Hamming) distanca $HD(l)$ između izlaznog vektora $\tilde{\mathbf{y}}_k$ i memorisanih vektora $\bar{\mathbf{y}}_l$ ($l=1,2,\dots,p$)

$$HD_{kl} = 0.5 * \sum_{i=1}^p |\bar{y}_{i,l} - \tilde{y}_{i,k}|, \quad k = 1,2,\dots,n; \quad l = 1,2,\dots,p. \quad (4.74)$$

Kao odgovarajući memorisani vektor $\bar{\mathbf{y}}_k$ uzima se onaj koji ima najmanju vrednost Hemingove distance, tj.

$$HD(k) = \min HD(l), \quad l = 1, 2, \dots, p. \quad (4.75)$$

Stvarne nenormalizovane vrednosti komponenata $\hat{y}_{i,k}$ vektora $\hat{\mathbf{y}}_k$ su prema (4.50)

$$\hat{y}_{i,k} = N_y \bar{y}_{i,k} / \bar{w}_{iy}, \quad i = 1, 2, \dots, m. \quad (4.76)$$

5. PRIKUPLJANJE I SREĐIVANJE PODATAKA IZ PRAKSE SA REALIZACIJE VELIKIH INVESTICIONIH PROJEKATA

5.1 Određivanje međuzavisnosti angažovanja ljudskih resursa, procenta izvršenja i faktora izvršenja korišćenjem teorije neuralnih mreža

Kako se postojeći modeli za kontrolu realizacije projekata neprekidno razvijaju, i generalno razvoj je bio baziran na određivanju procenta realizacije, dok je trenutno aktuelna problematika načina određivanja faktora izvršenja kao glavnog parametra za merenje uspešnosti realizacije. Međutim, treba imati u vidu da tačno određivanje faktora izvršenja na nivou kompletnog projekta nije jednostavno sprovesti. Standardnim modelima za kontrolu realizacije projekata vrlo često se ne identifikuju promene u realizaciji na vreme, pa neminovno izostaju i korektivne akcije. Analiza zarađene vrednosti koja je prethodno objašnjena je dobra osnova za kontrolisanje, ali su neophodna poboljšanja i modifikacije, kako bi se obezbedio model sa prilagođavanjima koji je jednostavno koristiti i koji obezbeđuje podatke na osnovu kojih je moguće brzo sprovođenje korektivnih akcija, tj. sprovođenje procesa re-planiranja.

Osnovni problemi prilikom korišćenja analize zarađene vrednosti su:

- nedovoljno tačno procenjivanje angažovanja resursa po pojedinim pozicijama.
- ocenjivanje procenta realizacije po pojedinim pozicijama. Za ovu aktivnost potrebno je unapred ustanoviti procedure i standarde, a jedan predlog je dat u poglavlju 2.5.2.
- dodeljivanje angažovanih i potrošenih resursa pojedinim aktivnostima.

Da bi analiza zarađene vrednosti davala prihvatljive rezultate potrebno je faktor izvršenja (PF) ograničiti u opsegu [0.50,2.00]. Iako se vrlo često računski dobijaju daleko ekstremnije vrednosti, ti slučajevi treba da budu dodatno analizirani, i najčešće kod njih jedan od prethodno objašnjenih uslova nije zadovoljen, tj. ulazni podaci nisu uvek odgovarajući.

"Poslednji planer" (*Last planner*) je dobar način za operativno praćenje ali ne daje uvek validne podatke o uspešnosti kompletnog projekta. Princip stalne kontrole na najnižem nivou realizacije će biti usvojen u predloženom modelu za kontrolu realizacije projekata.

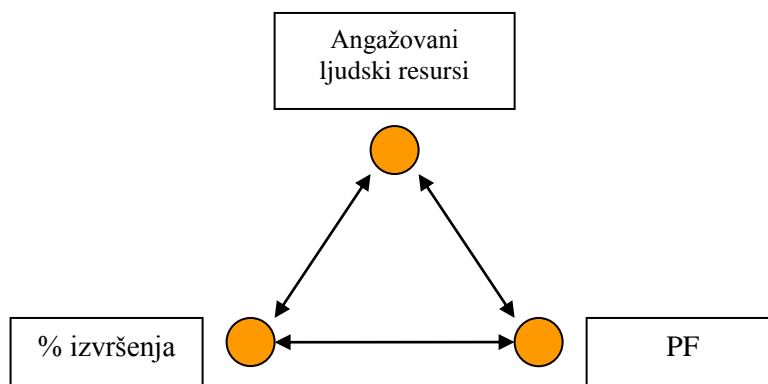
Predloženi model oslanja se na sledećim pretpostavkama:

- u poglavlju 2.4 procenjeno je da na građevinskim projektima koji treba da se realizuju u roku od oko 18 meseci. Produžetak građenja od 1 mesec izaziva dodatne indirektno troškove od preko 1,50% od ukupnih troškova izgradnje. Osim toga projekat se dodatno opterećuje troškovima objašnjenim u poglavlju 3.2.1, kao i troškovima kašnjenja aktiviranja investicije, tj. puštanja projekta u eksploataciju;

5. PRIKUPLJANJE I SREĐIVANJE PODATAKA IZ PRAKSE SA REALIZACIJE VELIKIH INVESTICIONIH PROJEKATA

- za merenje progressa koristi se modifikovana analiza zarađene vrednosti opisana u poglavlju 2.5.3;
- model se bazira na merenju procenta izvršenja i faktora izvršenja (PF);
- prikupljanjem istorijskih podataka sa prethodno realizovanih projekata se formira baza koja se koristi za treniranje neuralne mreže. Ulazni podaci za mrežu su % angažovanja od budžeta radnih sati – direktno i indirektno angažovanje ljudskih resursa, i procenat izvršenja (progres) i faktor izvršenja (PF) za dve ključne discipline na projektu.

Osnovni cilj ove modela je da se pokuša da dođe do zavisnosti pojedinih parametara koji se odnose na realizaciju projekta. Postavlja se pitanje da li je moguće utvrditi zavisnost između angažovanih ljudskih resursa (da bi podaci bili konzistentni posmatrač se procenat angažovanja ljudskih resursa u odnosu na prvobitno definisan budžet pre početka realizacije i to za direktno i indirektno angažovane resurse), procenat izvršenja za pojedine discipline u okviru kompletnog tima koji realizuje projekat i faktore izvršenja (PF). Ova tri parametra su međusobno nelinearno zavisna, što je i razmatrano u prethodnim poglavljima.



Slika 5.1 Parametri kojima se opisuje uspešnost realizacije građevinskih projekata

Jedan od načina utvrđivanja ove nelinearne zavisnosti je korišćenje teorije neuralnih mreža za čiju je primenu u rešavanju ovog problema potreban je veliki broj statističkih podataka. Pošto ovi podaci nisu konzistentni (prikupljeni podaci su sa različitih projekata) jasno je da će se javljati greške, tako da će prva provera biti sa setom za trening od 150 podataka, a druga sa 200 grupa podataka, a treća sa kompletnim uzorkom od 270 grupa podataka. Smatra se da bi greška trebala u ova dva slučaja da se razlikuje, i ukoliko drastično opada moguće je uspostaviti pouzdan model za procenjivanje uspešnosti realizacije kompletnog projekta.

Ulazni podaci za razmatrani model za kontrolu uspešnosti realizacije projekta su:

- procenat direktno angažovanih ljudskih resursa;
- procenat indirektno angažovanih ljudskih resursa;
- procenat realizacije za tehnološki deo (disciplinu);

5. PRIKUPLJANJE I SREĐIVANJE PODATAKA IZ PRAKSE SA REALIZACIJE VELIKIH INVESTICIONIH PROJEKATA

- procenat realizacije za građevinski deo;
- PF za tehnološki deo;
- PF za građevinski deo.

Izlazni podaci su (u tabeli su markirani):

- procenat realizacije za kompletan projekat;
- faktor izvršenja PF za kompletan projekat.

Broj prikupljenih podataka u ovoj fazi istraživanja je veliki (oko 270 uzoraka prikupljenih sa 12 realizovanih velikih građevinskih projekata), ali treba imati u vidu da se radi o tri grupe podataka u okviru uzorka čija zavisnost nije do sada matematički utvrđivana u teoriji i praksi. Cilj ovog dela istraživanja je utvrđivanje zavisnosti procenta angažovanog planiranog budžeta ljudskih resursa na projektu, procenat izvršenja (progres) i faktora izvršenja (PF). Postupak za određivanje zavisnosti korišćenjem prenosnih funkcija u okviru teorije neuralnih mreža, je praktično primenljiv već uveliko razvijenim kompjuterskim programima, u sastavu velikih programskih sistema, kao što su na primer Matlab, C⁺⁺ i drugi.

Proba će se izvršiti na različitom broju uzoraka i utvrdiće se da li se sa povećanjem broja uzoraka greška smanjuje. Treba imati u vidu da je za ovakav problem prihvatljiva greška koja je manja od 10%, jer je za praktičnu primenu to sasvim dovoljno zbog toga što ovaj model služi samo za utvrđivanje odstupanja od prvobitnog plana realizacije projekta i za donošenje odluke o sprovođenju korektivnih akcija.

Prikupljeni podaci su tabelarno prikazani u prilogu broj 1.

Prvo obučavanje mreže i testiranje će se sprovesti sa prvih 150 podataka u tabeli, drugo sa 200, a treće sa kompletnim podacima. Posmatraju se podaci za tehnološki deo projekta (industrijski projekti), građevinski deo i podaci za ukupnu realizaciju na projektu. Podaci se odnose na projektovanje.

Tabela 5.1a Probni podaci

% Radni sati - direktni	% Radni sati - indirektni	PROGRES			PF		
		Tehnologija	Građevinski	.....	.....	.....	.....
0.74	0.85	0.67	0.86	0.73	0.44	0.86	0.74
0.64	2.12	1.00	0.81	0.57	0.30	0.80	0.80
1.15	0.72	0.98	0.96	0.89	0.52	1.72	1.18
0.45	0.52	0.81	0.48	0.48	0.81	1.04	0.82
0.76	1.04	0.99	0.86	0.76	1.10	0.90	1.05

Prva proba će se izvršiti testiranjem mreže sa prvih 150 kombinacija podataka. U tom slučaju dobijaju se sledeći prognozirani podaci sa odstupanjima tj. greškama.

5. PRIKUPLJANJE I SREĐIVANJE PODATAKA IZ PRAKSE SA REALIZACIJE VELIKIH
INVESTICIONIH PROJEKATA

Tabela 5.1b *Stvarni i prognozirani podaci sa odstupanjima (obučavanje i testiranje vršeno sa 150 uzoraka)*

% izvršenja / stvarno	PF stvarno	% izvršenja / prognozirano	PF prognozirano	% izvršenja - greška	PF - greška
0.73	0.74	0.6616	0.8815	10.34%	16.05%
0.57	0.8	0.7348	0.9121	22.43%	12.29%
0.89	1.18	0.9104	1.0173	2.24%	15.99%
0.48	0.82	0.5239	1.0892	8.38%	24.72%
0.76	1.05	0.8355	1.1311	9.04%	7.17%
				10.48%	15.24%

Tabela 5.1.c *Stvarni i prognozirani podaci sa odstupanjima (obučavanje i testiranje vršeno sa 200 uzoraka)*

% izvršenja / stvarno	PF stvarno	% izvršenja / prognozirano	PF prognozirano	% izvršenja - greška	PF - greška
0.73	0.74	0.6484	0.8834	12.58%	0.162327
0.57	0.8	0.7294	0.9029	21.85%	0.113966
0.89	1.18	0.9355	1.0934	4.86%	0.079202
0.48	0.82	0.5056	1.1558	5.06%	0.290535
0.76	1.05	0.8176	1.1801	7.05%	0.110245
				10.28%	15.13%

Tabela 5.1d *Stvarni i prognozirani podaci sa odstupanjima (obučavanje i testiranje vršeno sa 270 uzoraka)*

% izvršenja / stvarno	PF stvarno	% izvršenja / prognozirano	PF prognozirano	% izvršenja - greška	PF - greška
0.73	0.74	0.667	0.8369	0.0944528	0.115784
0.57	0.8	0.7489	0.8727	0.2388837	0.083305
0.89	1.18	0.914	1.0582	0.0262582	0.115101
0.48	0.82	0.5053	1.1887	0.0500693	0.310171
0.76	1.05	0.8184	1.1796	0.0713587	0.109868
				9.62%	14.68%

Iz prethodne analize se vidi da su greške vezane za procenat izvršenja u dozvoljenim granicama, dok su greške vezane za faktor produktivnosti veće od pretpostavljene gornje granice. Greške opadaju sa povećanjem broja podataka sa kojima se vrši trening mreže. Međutim, ključni izlaz ovog modela bi trebao da bude faktor produktivnosti PF za ceo projekat, kod koga je greška nedopustiva jer prelazi 10%. Baza podataka za razvoj ovog modela treba da bude proširena, a takođe i ulazni podaci treba da budu prethodno analizirani, čime bi se povećala njihova ujednačenost. Kako su prikupljeni podaci sa različitih projekata (različiti investitori, vrsta objekata, rizici, načini

ugovaranja i dr.), očekivano je i da su greške velike. Sa ovakvim uzorkom nije se postigla zahtevana greška, tj. podaci sa kojima je trenirana mreža ne odgovaraju u potpunosti, i ne postoji čvrsta zavisnost između navedenih parametara po određenim disciplinama. Međutim, pokazalo se da je moguće formirati model kojim bi moglo da se utvrdi zavisnost parametara sa kojima moguće sprovesti kontrolu realizacije projekata. Takođe je moguće sprovesti analizu poslovanja, i utvrditi u kojim fazama projekta realizacija ima odstupanja od optimalne. Proceduru upravljanja lancima snabdevanja je moguće primeniti nakon analize, čime bi se realizacija tretirala kao kontinuirani tok, a odstupanja bi se lako utvrđivala, pa i sam proces re-planiranja.

5.2 Određivanje troškova izgradnje i očekivanog profita uz primenu trenirane mreže tehnikom neuralnog računanja

5.2.1 Uvod

Donošenje pravilne odluke o investiranju u velike građevinske projekte je ključna aktivnost koja utiče na uspešnost kompletnog poduhvata. Imajući u vidu da su objekti visokogradnje koji spadaju u tržišnu kategoriju (stanogradnja, poslovne zgrade, tržni centri, hoteli i dr.) najviše izloženi rizicima, podaci sa realizacije ovakvih objekata će biti prezentovani u ovom delu disertacije. Investicioni projekti u savremenom poslovnom okruženju su izloženi dodatnim rizicima (najbolje lokacije su u većini slučajeva već izgrađene, konkurencija investira u dodatne sadržaje, zahtevi klijenata se menjaju i dr.) tako da je donošenje odluke o investiranju i planiranje ključna aktivnost na projektima.

Prilikom istraživanja u ovoj disertaciji došlo se do zaključka da faktori na koje najviše može da se utiče su troškovi izgradnje objekta, a samo planiranje i kontrolu realizacije projekata je najbolje sprovesti kroz kontrolu angažovanja radne snage i direktno proizvodnim delatnostima (projektovanje i izgradnja). Iako je cena građevinskog zemljišta u velikim gradovima bitna troškovna kategorija, troškovi građenja imaju veći uticaj na realizaciju projekta iz razloga što se realizuju u dugom vremenskom intervalu tako da imaju i troškovne i vremenske implikacije.

Ovde je važno napomenuti da odluku kakav objekat je optimalan sa ekonomskog i finansijskog aspekta treba doneti pre početka bilo kakvih projektantskih aktivnosti, sa svim ulaznim parametrima vezanim za konstrukciju, funkciju i materijalizaciju, čime se postavlja jasan projektni zadatak kao uslov za dalju realizaciju.

Model koji će biti prezentovan treba da se koristi pre bilo kakve razrade projekta, i to kao modul za donošenje odluke o investiranju. Pretpostavka je da se donošenje odluke sprovodi u okviru zakonskih ograničenja (najviše vezano za ugovorne uslove, razvojni koncept i dr.) nakon izrade više različitih konceptualnih rešenja od kojih se bira optimalno rešenje sa stanovišta troškova i vremena izgradnje.

Dosadašnja iskustva u praksi su rezultirala razvojem preduzeća koja upravljaju velikim brojem projekata. Razlog za to su veliki projekti koji se sastoje iz više različitih sadržaja, iz razloga alokacije rizika i lakšoj finansijskoj realizaciji. Međutim, mnogo takvih projekata je doživelo neuspeh, ne samo finansijski, već i socijalni, urbanistički i

drugo, i javila se velika disproporcija potreba za takvim objektima i mogućnosti na razvojnim tržištima. Činjenica je da preduzeća za razvoj projekata u nekretninama nisu u potpunosti shvatila i pravilno primenjivala analizu i upravljanje rizicima, čime su projekti tokom realizacije dolazili u neizvesne situacije koje unapred nisu analizirane.

Cilj ovog dela disertacije je formiranje prognoznog modela za predviđanje cene koštanja i profita sa stanovišta investitora i izvođača radova (ulazni podaci su vezani samo za troškove građenja objekata visokogradnje). Prilikom analiziranja koji parametri su bitni sa stanovišta smanjenja rizika došlo se do zaključka da je osim troškova izgradnje veoma bitan nivo profita koji ostvaruje izvođač radova na projektu. Ovaj parametar je bitan iz razloga smanjenja mogućnosti javljanja sporova, tj. eventualnih konflikta između investitora i izvođača radova. Smatra se da je optimalan profit izvođača radova važno ostvariti iz razloga uspešnosti realizacije kompletnog projekta (smanjivanje rizika sporova, dalja saradnja, odštetni zahtevi i drugo).

Prognozni modeli su formulisani korišćenjem jedne veštačke neuralne mreže, a program koji je napisan u programskom jeziku *Matlab* je dat u prilogu uz ovu disertaciju.

Sa obzirom na osetljivost i tajnost podataka, koji se u većini slučajeva smatraju poslovnom tajnom preduzeća, veliki problem je bio pronaći validne podatke za bilo kakvu statističku analizu. Tako su za kompletnu analizu korišćeni podaci sa 60 realizovanih projekata, što predstavlja jedva dovoljan uzorak za bilo kakvu analizu.

U modelu se predviđala cena koštanja izgradnje kao i profit koje izvođačko preduzeće može da ostvari na ovakvim projektima. Ova dve vrednosti su neodvojive, i veoma su važne i sa stanovišta investitora i izvođača radova.

Troškovi izgradnje su važni da bi se unapred odredili troškovi kompletne investicije, kao zbir troškova izgradnje i svih ostalih unapred određenih troškova. Planirani profit je jako važno unapred predvideti iz razloga predviđanja eventualnih sporova, kašnjenja i drugo. Transparentan način poslovanja, posebno na menadžment i partnerskim ugovorima, predviđa otvoren pristup u odnosu na podatke o troškovima projekta, gde svi učesnici na projektu određuju optimalnu vrednost profita i traže najbolji način realizovanja projekta prvenstveno kroz integrisanje projektantskih i izvođačkih aktivnosti, organizacionim i tehnološkim rešenjima i drugo.

5.2.2 Ulazni podaci, trening i proračun mreže

Deset ulaznih podataka u polaznom (originalnom) modelu su suštinski podaci koji spadaju u dve različite kategorije. Prva četiri ulazna podatka predstavljaju pojedine kategorije, dok ostalih šest predstavljaju troškove po određenim elementima radne (WBS) strukture. Ovde treba napomenuti da je ovaj model praktično linearan, a da bi korišćenje neuralne mreže bilo smisleno zbir svih ovih poslednjih šest ulaznih podataka nije jednak ukupnim troškovima, već su neki troškovi izostavljeni kako bi model pravilno funkcionisao.

Deset vrsta ulaznih podataka koji imaju najveći uticaj na dve predložene izlazne veličine dati su u sledećoj tabeli:

5. PRIKUPLJANJE I SREĐIVANJE PODATAKA IZ PRAKSE SA REALIZACIJE VELIKIH
INVESTICIONIH PROJEKATA

		oznake
1.	Tip objekta	
-	hotel	1
-	stambeni	2
-	poslovni	3
-	tržni centar	4
-	sportska dvorana	5
-	proizvodna hala	6
2.	Lokacija	
-	Centralno Istočna Evropa	1
-	Rusija	2
-	Srednja Azija	3
3.	Veličina	
-	mali (do 500 m ²)	1
-	srednji (od 500 do 2000 m ²)	2
-	veliki (preko 2000 m ²)	3
4.	Nivo rizika	
-	mali	1
-	srednji	2
-	znatan	3
-	bitan	4
5.	Konstrukcija ispod kote ±0,00 i svi zemljani radovi koji su vezani za izgradnju objekta (troškovi izraženi po m ² bruto izgrađene građevinske površine objekta)	
6.	Konstrukcija iznad kote ±0,00 (troškovi izraženi po m ² bruto izgrađene građevinske površine objekta)	
7.	Fasada i krovna obloga -pokrivač (<i>envelope</i>) (troškovi izraženi po m ² bruto izgrađene građevinske površine objekta)	
8.	Završni radovi (troškovi izraženi po m ² bruto izgrađene građevinske površine objekta)	
9.	Mašinske, ViK i Elektro instalacije (troškovi izraženi po m ² bruto izgrađene građevinske površine objekta)	
10.	Spoljno uređenje i spoljne instalacije (troškovi izraženi po m ² bruto izgrađene građevinske površine objekta)	

Neuronska mreža korišćena za ovo predviđanje imala je 1 skriveni sloj sa 10 neurona sa *tansig* prenosnim funkcijama i 2 neurona u izlaznom sloju sa *purelin* prenosnim funkcijama. Ukupna cena koštanja izgradnje i ostvareni profit izvođača radova je predviđana posebno da bi se uporedila sa ukupnom cenom koštanja i profitom koja je dobijena kao zbir cena koštanja pojedinih grupa radova.

Iako mnogi parametri utiču na troškove izgradnje, ovde su data samo četiri koja po mišljenju autora najviše utiču i biće ukratko objašnjene njihove specifičnosti.

Tip objekta veoma mnogo utiče na troškove građenja, i to posebno u elementima završnih radova i instalacije, pa je dat kao jedan od ulaznih parametara. Dato je šest tipova objekata, ali je većina prikupljenih podataka vezana za stambene i poslovne objekte i tržišne centre. Hoteli su specifični objekti sa stanovišta troškova i vrlo im je teško odrediti prosečnu cenu posebno za završne radove, instalacije i spoljno uređenje. Sportske dvorane su specifični arhitektonski objekti, tako da im je i troškovna struktura specifična, dok proizvodne hale nemaju deo troškova u svojoj strukturi (deo završnih radova, mnogi sistemi instalacija i dr.), tako da su nestandardni za trening neuralnih mreža.

Podaci koji su sakupljeni odnose se na tri različite lokacije, koje drastično utiču na troškove zbog logistike, troškova materijala, radne snage, klimatskih uslova, seizmoloških uslova, lokalnog zakonodavstva i dr. Podaci za objekte koji su prikupljeni su grubo svrstani u tri lokacijske kategorije – Centralno-Istočna Evropa, Rusija i Srednja Azija.

Primećeno je i da veličina objekta drastično utiča na troškove po m² bruto izgrađene građevinske površine, najviše iz organizacionih i tehnoloških razloga, kao i zbog potrošnje materijala po m², pa je i ova kategorija data kao jedan od ulaznih veličina.

Kao ulazni parametri pojavljuju se rizici gradnje koji su mogli biti izraženi kao njihovo procentualno učešće u porastu cene. Međutim, kako nisu bili poznati imali početne (polazne) troškove, predloženo je da se nivoi rizika kalkulišu unapred u skladu sa obrađenom metodologijom u poglavlju 1.3, i da se unose kroz nivo (1,2,3) koji direktno utiče na troškove građenja i profit.

Razmatrani su sledeći rizici:

- očekivene izmene u odnosu na usvojeni glavni projekat;
- nepredviđeni radovi u tlu;
- mogući problemi u finansiranju, i njihovo odražavanje na protok novca (*cash flow*);
- mogućnost pojavljivanja odštetnih zahteva;
- tehnološki i organizacioni problemi.

Osim ovih parametara još šest veličina troškova po m² je u tabeli 5.2 dato kao podaci koji su prikupljeni tokom realizacije i konačnom analizom 60 projekata, i to su troškovi koji su ostvareni u fazi izgradnje. Treba imati u vidu da su tipovi ugovora, načini finansiranja i drugi uslovi bili različiti na pojedinim projektima, što je rezultiralo kroz rezultate koji nisu bili homogeni.

Osim ovih parametara još šest veličina troškova po m² je u tabeli 5.2 dato kao podaci koji su prikupljeni tokom realizacije i konačnom analizom 60 projekata, i to su troškovi

koji su ostvareni u fazi izgradnje. Treba imati u vidu da su tipovi ugovora, načini finansiranja i drugi uslovi bili različiti na pojedinim projektima, što je rezultiralo kroz rezultate koji nisu bili homogeni.

Za simuliranje ovih modela korišćen je programski paket *Matlab R14* sa neuronet toolbox-om. Program pisan u *Matlab*-ovom programskom jeziku sastoji se iz 4 odvojena dela. Prva tri dela se koriste za definisanje i obuku neuronskih mreža pojedinih prognosnih modela kao i za analizu greški njihovih predviđanja. Poslenji deo (GUI.m) predstavlja malu aplikaciju sa grafičkim korisničkim interfejsom koja koristi ove obučene neuronske mreže za predviđanje. Matematička interpretacija je data u predhodnom poglavlju, a program u prilogu broj 1.

Generalno jedna epoha treninga predstavlja obuku mreže sa svim vrednostima ulaznog skupa podataka. Trening se vrši dok se ne dosegne zahtevana tačnost, dostigne maksimalan broj epoha ili trening ne zaustavi zbog smanjenje greške (*overfittinga*).

Za praktičnu primenu modela treba prilagoditi ulazne podatke, tj. podeliti raspon troškova prikupljenih podataka na nekoliko kategorija (predvideti raspone troškova za pojedine kategorije). Na taj način ulazni podaci bi se lakše određivali, tj. ocenjivanje troškova pojedinih delova objekata bi se utvrđivalo grubom procenom, jer bi se moglo proceniti u koju kategoriju troškova spadaju pojedini radovi, tj. elementi radne strukture projekta.

Da bi se model što efikasnije koristio treba odrediti optimalan broj kategorija troškova po pojedinim elementima radne strukture projekta, i u ovoj fazi se razmatraju mogućnosti podele kompletnog prethodno uočenog opsega na 5 i 20 kategorija. To praktično znači da se teži da ulazni podaci po pojedinim radnim (WBS) kategorijama budu u određenom opsegu (širi 5 kategorija i uži 20 kategorija) Prihvatljiva greška treba da bude manja od 10%, jer se smatra da je to vrednost koja se kalkuliše za nepredviđene radove u fazi idejnog projekta, a ovaj model se koristi u fazi izrade studije opravdanosti, u kojoj raspoložemo sa još manjim brojem informacija.

Nakon testiranja modela, tj. neuronske mreže dobijaju se rezultati i greške koji će biti objašnjeni u daljem tekstu.

Za analizu rezultata korišćena je greška na skupu koji nije korišćen niti za obuku niti za validaciju. U sva tri slučaja trening je prekinut usled porasta greške na validacionom uzorku.

Za originalne podatke, koji su prikazani u tabeli 5.3a, izvršen je test na 5 uzoraka (tabela 5.3b). Odstupanja od originalno prikupljenih podataka sa kojima je mreža trenirana su prikazana u tabeli 5.3c, i dobijeno je prosečno odstupanje vrednosti za troškove građenja od 2,62%.

5. PRIKUPLJANJE I SREĐIVANJE PODATAKA IZ PRAKSE SA REALIZACIJE VELIKIH
INVESTICIONIH PROJEKATA

Tabela 5.2

Ulazni podaci za trening mreže

Tip	Lokacija	Velicina	nivo rizika	konstrukcija ispod kote ±0,00 I zemljani radovi	konstrukcija iznad kote ±0,00	fasada krov	završni radovi	instalacije	spoljne uređenje	troškovi građenja po	ostvareni profit izvođača
2	2	3	2	138.4	114	276.8	218	215.1	124	1167	70.02
2	2	3	2	212.05	71.04	112.5	232	192.5	112	952	57.12
2	2	2	3	131.95	110.8	297.3	265	141.9	32	1011	40.44
3	1	2	3	176.7	158.3	411.55	260.9	149.5	29	1203	48.12
4	1	3	2	80.2	254.9	113.1	260.9	392.9	64	1221.35	73.28
4	1	3	3	112.7	223.3	38.3	111.9	149.7	51	805.05	32.2
2	1	3	2	79.05	51.68	304.51	79.77	294.08	62.5	927	55.62
5	2	3	2	38.86	195.67	74.86	40.87	374.53	36	787.04	47.22
5	2	3	2	41.77	199.29	74.86	40.9	412.31	38	833.72	50.02
1	2	3	3	208.8	173.89	127.61	244.5	268.86	45	1189	47.56
3	1	3	3	34.45	117.15	116.7	114.36	23.27	21.22	452.2	18.09
2	1	3	3	18	169.78	52.27	82.72	91.59	29.44	443.79	17.75
3	3	3	2	112	298	176.76	192.55	289.49	69.9	1150.5	69.03
2	3	2	2	3.5	105.5	85	114	199	36	555	33.3
2	1	3	3	57.97	265.97	121.28	128.76	113.73	5.27	692.97	27.72
1	2	3	3	36	187	179.76	20.47	176	66	665.23	26.61
5	1	2	3	20.5	395.62	243.86	250.29	540	291.43	1741.69	69.67
2	1	3	2	22.5	152.5	97.72	145.99	82.5	28.5	551.9	33.11
2	1	3	3	22	123.75	49.13	50.58	57.48	7.62	310.56	12.42
2	1	3	3	21	118.5	32.68	72.46	47.4	24	316.04	12.64
2	1	3	2	24.79	147.52	99.94	137.85	57.16	0.65	467.9	28.07
2	1	3	2	13.24	210.61	53.46	165.99	103.95	37.4	584.65	35.08
2	1	3	3	17.01	124.18	36.5	49.89	49.73	27.97	305.26	12.21
2	1	3	3	19.97	107.74	35.6	45.66	48.99	25.73	283.7	11.35
3	2	3	1	269.95	99.36	150.8	238	244.51	67	1078.6	86.29
3	2	2	2	12	212	556	708.31	385	5	2010	120.6
2	2	3	2	52.95	134.5	145.56	182	164.74	62	852.6	51.16
2	1	1	3	67.6	189.8	251.2	120	89.3	54.2	772.1	30.88
3	2	3	3	92.52	48.14	90.45	35.74	198.97	43.8	509.62	20.38
4	2	3	2	100.99	196.21	192.63	62.83	227.35	12.48	810.5	48.63
5	2	3	2	59.22	230.39	85.16	36.68	314.09	86.8	822.7	49.36
3	2	3	3	32	210	432	721.12	320.81	12	1823	72.92
6	1	3	2	70.99	114.33	72.66	12	22	52.98	344.96	20.7
6	1	2	2	72.9	113.41	108.67	12.5	23.4	53	383.88	23.03
6	1	3	2	131	129.19	170.69	71.49	166.5	106.61	775.48	46.53
4	1	3	2	92.03	106.77	86.99	91.49	165	119.63	661.91	39.71
4	1	3	2	86.81	107.24	93.25	15.08	165	119.63	587.01	35.22
6	1	3	1	45	120	95	89	130	599.5	1078.5	86.28
6	2	3	2	86.81	264.81	164.02	33.46	162	225.77	936.87	56.21
3	2	3	3	71.41	106.56	96.1	25.94	196.04	55.5	575.8	23.03
3	2	3	4	211.57	197.01	185.19	222.19	229.33	12.64	1057.95	21.16
3	2	3	4	207.89	171.66	176.24	259.86	255.67	12.45	1083.76	21.68
3	2	3	4	275.82	239.95	301.1	317.17	375.83	16.38	1526.26	30.53
4	2	3	2	309.08	67.92	124.5	328	228	54	1234	74.04
5	2	3	2	187.25	217.55	151.73	75.16	571.1	135	1337.79	80.27
4	2	3	2	144.17	113.33	32.5	67.5	282.5	37.5	677.5	40.65
5	2	3	2	69.18	186.92	140.76	50.24	214.03	142	803.13	48.19
4	2	3	2	52.9	150.02	113.85	64.62	189.58	58.5	629.47	37.77
4	2	3	2	151.85	178.1	100.9	130.98	206.37	11.33	779.52	46.77
2	2	3	1	165.41	163.33	382.08	93.91	246.14	334.78	1385.64	110.85
2	2	3	1	218.44	220.01	542	64.46	259.25	382.59	1686.76	134.94
2	2	3	1	225.52	165.47	499.58	58.69	281.01	349	1579.28	126.34
2	2	3	1	192.72	167.47	439.22	54.21	280.48	397.9	1532	122.56
3	1	3	2	208.8	173.89	127.61	244.5	268.86	54.5	1100.66	66.04
6	1	3	2	124.29	44.64	104.64	131.79	218	162.5	810.86	48.65
3	1	2	2	125	222.5	125	157.5	218	175	1048	62.88
6	1	2	2	131	152.71	147.12	71.49	166.5	84.02	775.43	46.53
4	1	3	3	70.94	114.93	72.66	122.5	164.2	47.64	592.87	23.71
4	1	2	2	72.9	113.41	108.67	145.3	171.2	50.23	661.71	39.7
6	1	2	2	65.97	131.73	105.56	45.2	142	42.3	548.74	32.92

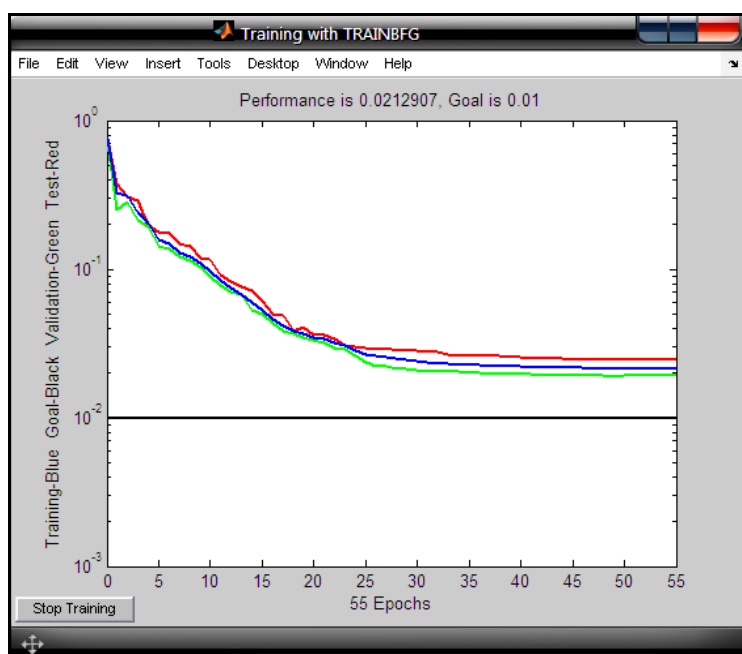
5. PRIKUPLJANJE I SREĐIVANJE PODATAKA IZ PRAKSE SA REALIZACIJE VELIKIH INVESTICIONIH PROJEKATA

Tabela 5.3a *Probni podaci*

Tip	Lokacija	Veličina	konstrukcija ispod kote ±0,00 i zemljani radovi	konstrukcija iznad kote ±0,00	fasada krov	završni radovi	instalacije	spoljno uređenje	troškovi građenja po	ostvareni profit izvođača
2	2	3	138.4	114	276.8	218	215.1	124	1167	70.02
2	2	3	212.05	71.04	112.5	232	192.5	112	952	57.12
2	2	2	131.95	110.8	297.3	265	141.9	32	1011	40.44
3	1	2	176.7	158.3	411.55	260.9	149.5	29	1203	48.12
4	1	3	80.2	254.9	113.1	260.9	392.9	64	1221.35	73.28

Tabela 5.3b *Stvarni i prognozirani rezultati i njihova odstupanja tj. greške*

stvarna ponuđačka cena	stvarni profit	prognozirana cena	prognozirani profit	razlika u ceni (%)
1167	70	1162.1	72.7	0.42%
952	57.1	963.8	60.8	1.24%
1011	40.4	1041.3	40.9	3.00%
1203	48.1	1262.3	52.2	4.93%
1221.3	73.3	1264.4	68.5	3.53%
				2.62%



Slika 5.2 *Greška u setu podataka za trening i test tokom treniranja za originalne podatke*

**5. PRIKUPLJANJE I SREĐIVANJE PODATAKA IZ PRAKSE SA REALIZACIJE VELIKIH
INVESTICIONIH PROJEKATA**

Tabela 5.4a *Ulazni podaci - troškovi pojedinih elemenata radne strukture podeljeni u 5 kategorija*

Tip	Lokacija	Veličina	.....	konstrukcija ispod kote ±0,00 i zemljani radovi	konstrukcija iznad kote ±0,00	fasada krov	završni radovi	instalacije	spoljno uređenje	troškovi građenja po	ostvareni profit izvođača
2	2	3		2	2	3	2	2	2	1167	70.02	
2	2	3		2	4	1	1	2	1	952	57.12	
2	2	2		3	2	2	3	2	2	1011	40.44	
3	1	2		3	3	3	4	2	1	1203	48.12	
4	1	3		2	2	4	1	2	4	1221.35	73.28	
4	1	3		3	2	4	1	1	2	805.05	32.2	
2	1	3		2	2	1	3	1	3	927	55.62	
5	2	3		2	1	3	1	1	4	787.04	47.22	
5	2	3		2	1	3	1	1	4	833.72	50.02	
1	2	3		3	3	3	2	2	3	1189	47.56	
3	1	3		3	1	2	2	1	1	452.2	18.09	
2	1	3		3	1	3	1	1	1	443.79	17.75	
3	3	3		2	2	5	2	2	3	1150.5	69.03	
2	3	2		2	1	2	1	1	2	555	33.3	
2	1	3		3	1	4	2	1	1	692.97	27.72	
1	2	3		3	1	3	2	1	2	665.23	26.61	
5	1	2		3	1	6	3	2	5	1741.69	69.67	
2	1	3		2	1	3	1	1	1	551.9	33.11	
2	1	3		3	1	2	1	1	1	310.56	12.42	
2	1	3		3	1	2	1	1	1	316.04	12.64	
2	1	3		2	1	3	1	1	1	467.9	28.07	
2	1	3		2	1	3	1	2	1	584.65	35.08	
2	1	3		3	1	2	1	1	1	305.26	12.21	
2	1	3		3	1	2	1	1	1	283.7	11.35	
3	2	3		1	4	2	2	2	3	1078.6	86.29	
3	2	2		2	1	3	5	5	4	2010	120.6	
2	2	3		2	1	2	2	2	2	852.6	51.16	
2	1	1		3	1	3	3	1	1	772.1	30.88	
3	2	3		3	2	1	1	1	2	509.62	20.38	
4	2	3		2	2	3	2	1	2	810.5	48.63	
5	2	3		2	1	4	1	1	3	822.7	49.36	
3	2	3		3	1	3	4	5	3	1823	72.92	
6	1	3		2	2	2	1	1	1	344.96	20.7	
6	1	2		2	2	2	1	1	1	383.88	23.03	
6	1	3		2	2	2	2	1	2	775.48	46.53	
4	1	3		2	2	2	1	1	2	661.91	39.71	
4	1	3		2	2	2	1	1	2	587.01	35.22	
6	1	3		1	1	2	1	1	2	5	1078.5	86.28
6	2	3		2	2	4	2	1	2	936.87	56.21	
3	2	3		3	2	2	1	1	2	575.8	23.03	
3	2	3		4	4	3	2	2	2	1057.95	21.16	
3	2	3		4	3	3	2	2	3	1083.76	21.68	
3	2	3		4	4	4	3	3	4	1526.26	30.53	
4	2	3		2	5	1	2	3	2	1234	74.04	
5	2	3		2	3	4	2	1	5	2	1337.79	80.27
4	2	3		2	3	2	1	1	3	1	677.5	40.65
5	2	3		2	1	3	2	1	2	2	803.13	48.19
4	2	3		2	1	3	1	1	2	1	629.47	37.77
4	2	3		2	3	3	1	1	2	1	779.52	46.77
2	2	3		1	3	3	4	1	3	3	1385.64	110.85
2	2	3		1	4	4	5	1	3	4	1686.76	134.94
2	2	3		1	4	3	5	1	3	3	1579.28	126.34
2	2	3		1	3	3	4	1	3	4	1532	122.56
3	1	3		2	3	3	2	2	3	1	1100.66	66.04
6	1	3		2	2	1	1	1	2	2	810.86	48.65
3	1	2		2	2	4	2	2	2	2	1048	62.88
6	1	2		2	2	3	2	1	2	1	775.43	46.53
4	1	3		3	2	2	1	1	2	1	592.87	23.71
4	1	2		2	2	2	1	1	2	1	661.71	39.7
6	1	2		2	1	2	1	1	2	1	548.74	32.92

5. PRIKUPLJANJE I SREĐIVANJE PODATAKA IZ PRAKSE SA REALIZACIJE VELIKIH INVESTICIONIH PROJEKATA

Tabela 5.4b *Troškovne kategorije po pojedinim elementima radne strukture*

	konstrukcija ispod kote ±0,00 i zemljani radovi	konstrukcija iznad kote ±0,00	fasada krov	završni radovi	instalacije	spoljne uređenje
1	64.0	116.0	132.0	150.0	120.0	130.0
2	128.0	192.0	244.0	300.0	240.0	260.0
3	192.0	268.0	356.0	450.0	360.0	390.0
4	256.0	344.0	468.0	600.0	480.0	520.0
5	320.0	420.0	580.0	750.0	600.0	650.0

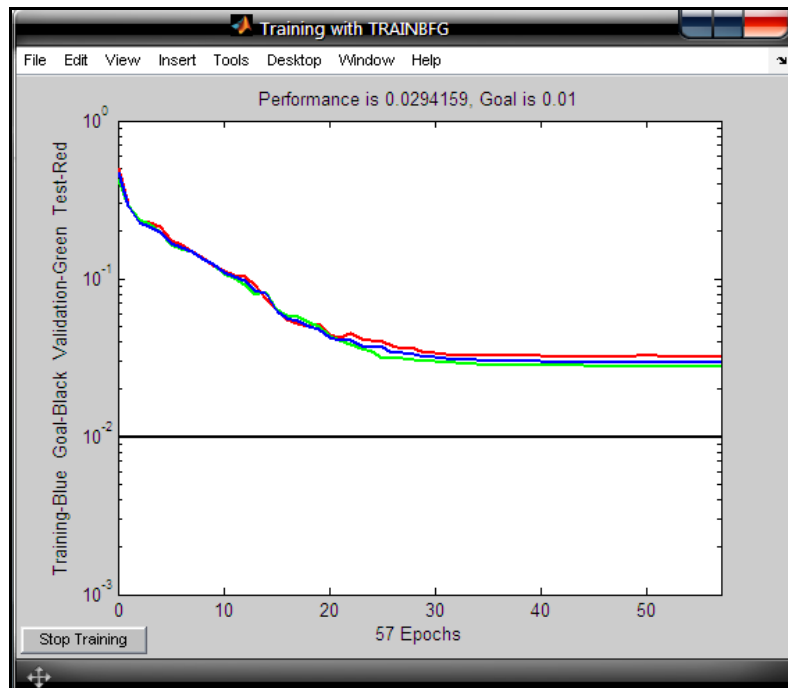
Tabela 5.4c *Probni podaci*

Tip	Lokacija	Veličina	konstrukcija ispod kote ±0,00 i zemljani radovi	konstrukcija iznad kote ±0,00	fasada krov	završni radovi	instalacije	spoljno uređenje	troškovi građenja po	ostvareni profit izvođača
2	2	3	2	2	2	3	2	2	1167	70.02
2	2	3	2	4	1	1	2	2	952	57.12
2	2	2	3	2	2	3	2	2	1011	40.44
3	1	2	3	3	3	4	2	2	1203	48.12
4	1	3	2	2	4	1	2	4	1221.35	73.28

Tabela 5.4d *Stvarni i prognozirani rezultati i njihova odstupanja tj. greške*

stvarna ponuđačka	stvarni profit	prognozirana cena	prognozirani profit	razlika u ceni (%)
1167	70	1205.8	76.9	3.32%
952	57.1	937.5	53.6	1.52%
1011	40.4	1018.8	45.6	0.77%
1203	48.1	1208.7	54.9	0.47%
1221.3	73.3	1167.8	63	4.38%
				2.09%

5. PRIKUPLJANJE I SREĐIVANJE PODATAKA IZ PRAKSE SA REALIZACIJE VELIKIH INVESTICIONIH PROJEKATA



Slika 5.3 Greška u setu podataka za trening i test tokom treniranja za podatke koji su podeljeni u 5 kategorija

Bolji rezultati se dobijaju, tj. javlja se manja greška kada se uzorak kojim raspolažemo podeli na pet kategorija. To praktično znači da je za trening mreže bolje da je podela "grublja", tj. da nije potrebno prilikom procene i pripreme ulaznih podataka vršiti detaljno ocenjivanje. Ovim je model potvrđen, i postignuto je da se grubom procenom ulaznih podataka postiže visoka tačnost modela za procenjivanje troškova građenja.

Kada su ulazni podaci podeljeni u 5 kategorija greška je bila 2,09%, dok je u slučaju podele na 20 ulaznih kategorija greška 1,96%. Pošto se greška smanjuje, ali ne drastično, a i iz razloga što se ovim modelom za procenjivanje troškova ne traži postizanje visoke tačnosti (model je predviđen za procenjivanje troškova na osnovu konceptualnog projektnog rešenja), sa ulaznim podacima koji su podeljeni u 5 troškovnih kategorija sprovede se provera ovog modela primenom linearne heteroasocijalne memorije.

5. PRIKUPLJANJE I SREĐIVANJE PODATAKA IZ PRAKSE SA REALIZACIJE VELIKIH
INVESTICIONIH PROJEKATA

Tabela 5.5a

Ulazni podaci - troškovi pojedinih elemenata radne strukture podeljeni
u 20 kategorija

Tip	Lokacija	Veličina	.....	konstrukcija ispod kote ±0,00 i zemljani radovi	konstrukcija iznad kote ±0,00	fasada krov	završni radovi	instalacije	spoljno uređenje	troškovi građenja po	ostvareni profit izvođača
2	2	3	2	8	7	10	6	8	5	1167	70.02
2	2	3	2	13	4	4	7	7	4	952	57.12
2	2	2	3	8	7	11	8	5	2	1011	40.44
3	1	2	3	11	9	15	7	5	1	1203	48.12
4	1	3	2	5	15	4	7	14	3	1221.35	73.28
4	1	3	3	7	13	2	3	5	2	805.05	32.2
2	1	3	2	5	3	11	3	10	3	927	55.62
5	2	3	2	3	11	3	2	13	2	787.04	47.22
5	2	3	2	3	12	3	2	14	2	833.72	50.02
1	2	3	3	12	10	5	7	9	2	1189	47.56
3	1	3	3	2	7	5	4	1	1	452.2	18.09
2	1	3	3	2	10	2	3	4	1	443.79	17.75
3	3	3	2	7	17	7	6	10	3	1150.5	69.03
2	3	2	2	1	6	3	4	7	2	555	33.3
2	1	3	3	4	15	5	4	4	1	692.97	27.72
1	2	3	3	3	11	7	1	6	3	665.23	26.61
5	1	2	3	2	22	9	7	19	10	1741.69	69.67
2	1	3	2	2	9	4	4	3	1	551.9	33.11
2	1	3	3	2	7	2	2	2	1	310.56	12.42
2	1	3	3	2	7	2	2	2	1	316.04	12.64
2	1	3	2	2	9	4	4	2	1	467.9	28.07
2	1	3	2	1	12	2	5	4	2	584.65	35.08
2	1	3	3	1	7	2	2	2	1	305.26	12.21
2	1	3	3	2	6	2	2	2	1	283.7	11.35
3	2	3	1	16	6	6	7	9	3	1078.6	86.29
3	2	2	2	1	12	20	19	13	1	2010	120.6
2	2	3	2	4	8	6	5	6	3	852.6	51.16
2	1	1	3	4	11	9	4	3	2	772.1	30.88
3	2	3	3	6	3	4	1	7	2	509.62	20.38
4	2	3	2	6	11	7	2	8	1	810.5	48.63
5	2	3	2	4	13	3	1	11	3	822.7	49.36
3	2	3	3	2	12	16	20	11	1	1823	72.92
6	1	3	2	5	7	3	1	1	2	344.96	20.7
6	1	2	2	5	7	4	1	1	2	383.88	23.03
6	1	3	2	8	8	6	2	6	4	775.48	46.53
4	1	3	2	6	6	4	3	6	4	661.91	39.71
4	1	3	2	5	6	4	1	6	4	587.01	35.22
6	1	3	1	3	7	4	3	5	20	1078.5	86.28
6	2	3	2	5	15	6	1	6	8	936.87	56.21
3	2	3	3	5	6	4	1	7	2	575.8	23.03
3	2	3	4	13	11	7	6	8	1	1057.95	21.16
3	2	3	4	12	10	7	7	9	1	1083.76	21.68
3	2	3	4	16	14	11	9	13	1	1526.26	30.53
4	2	3	2	18	4	5	9	8	2	1234	74.04
5	2	3	2	11	13	6	3	20	5	1337.79	80.27
4	2	3	2	9	7	2	2	10	2	677.5	40.65
5	2	3	2	4	11	5	2	8	5	803.13	48.19
4	2	3	2	4	9	4	2	7	2	629.47	37.77
4	2	3	2	9	10	4	4	7	1	779.52	46.77
2	2	3	1	10	10	14	3	9	12	1385.64	110.85
2	2	3	1	13	13	20	2	9	13	1686.76	134.94
2	2	3	1	13	10	18	2	10	12	1579.28	126.34
2	2	3	1	12	10	16	2	10	14	1532	122.56
3	1	3	2	12	10	5	7	9	2	1100.66	66.04
6	1	3	2	8	3	4	4	8	6	810.86	48.65
3	1	2	2	8	13	5	5	8	6	1048	62.88
6	1	2	2	8	9	6	2	6	3	775.43	46.53
4	1	3	3	5	7	3	4	6	2	592.87	23.71
4	1	2	2	5	7	4	4	6	2	661.71	39.7
6	1	2	2	4	8	4	2	5	2	548.74	32.92

**5. PRIKUPLJANJE I SREĐIVANJE PODATAKA IZ PRAKSE SA REALIZACIJE VELIKIH
INVESTICIONIH PROJEKATA**

Tabela 5.5b Troškovne kategorije po pojedinim elementima radne strukture

	konstrukcija ispod kote ±0,00 i zemljani radovi	konstrukcija iznad kote ±0,00	fasada krov	završni radovi	instalacije	spoljne uređenje
1	16.0	59.0	48.0	37.5	30.0	32.5
2	32.0	78.0	76.0	75.0	60.0	65.0
3	48.0	97.0	104.0	112.5	90.0	97.5
4	64.0	116.0	132.0	150.0	120.0	130.0
5	80.0	135.0	160.0	187.5	150.0	162.5
6	96.0	154.0	188.0	225.0	180.0	195.0
7	112.0	173.0	216.0	262.5	210.0	227.5
8	128.0	192.0	244.0	300.0	240.0	260.0
9	144.0	211.0	272.0	337.5	270.0	292.5
10	160.0	230.0	300.0	375.0	300.0	325.0
11	176.0	249.0	328.0	412.5	330.0	357.5
12	192.0	268.0	356.0	450.0	360.0	390.0
13	208.0	287.0	384.0	487.5	390.0	422.5
14	224.0	306.0	412.0	525.0	420.0	455.0
15	240.0	325.0	440.0	562.5	450.0	487.5
16	256.0	344.0	468.0	600.0	480.0	520.0
17	272.0	363.0	496.0	637.5	510.0	552.5
18	288.0	382.0	524.0	675.0	540.0	585.0
19	304.0	401.0	552.0	712.5	570.0	617.5
20	320.0	420.0	580.0	750.0	600.0	650.0

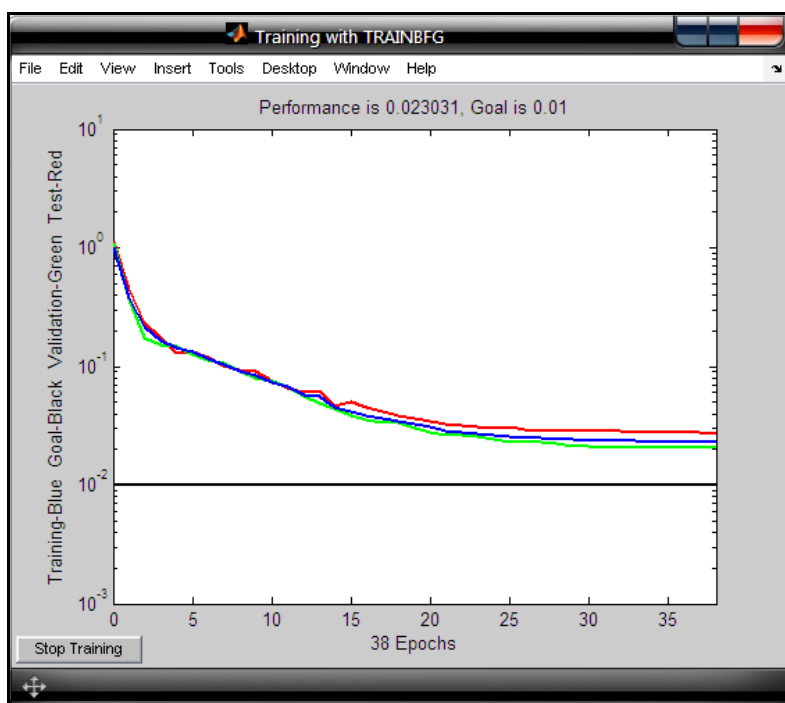
5. PRIKUPLJANJE I SREĐIVANJE PODATAKA IZ PRAKSE SA REALIZACIJE VELIKIH INVESTICIONIH PROJEKATA

Tabela 5.5c *Probni podaci*

Tip	Lokacija	Veličina	.....	konstrukcija ispod kote ±0,00 i zemljani radovi	konstrukcija iznad kote ±0,00	fasada krov	završni radovi	instalacije	spoljno uređenje	troškovi građenja po	ostvareni profit izvođača
2	2	3	2	8	7	10	6	8	5	1167	70.02
2	2	3	2	13	4	4	7	7	4	952	57.12
2	2	2	3	8	7	11	8	5	2	1011	40.44
3	1	2	3	11	9	15	7	5	1	1203	48.12
4	1	3	2	5	15	4	7	14	3	1221.35	73.28

Tabela 5.5d *Stvarni i prognozirani rezultati i njihova odstupanja tj. greške*

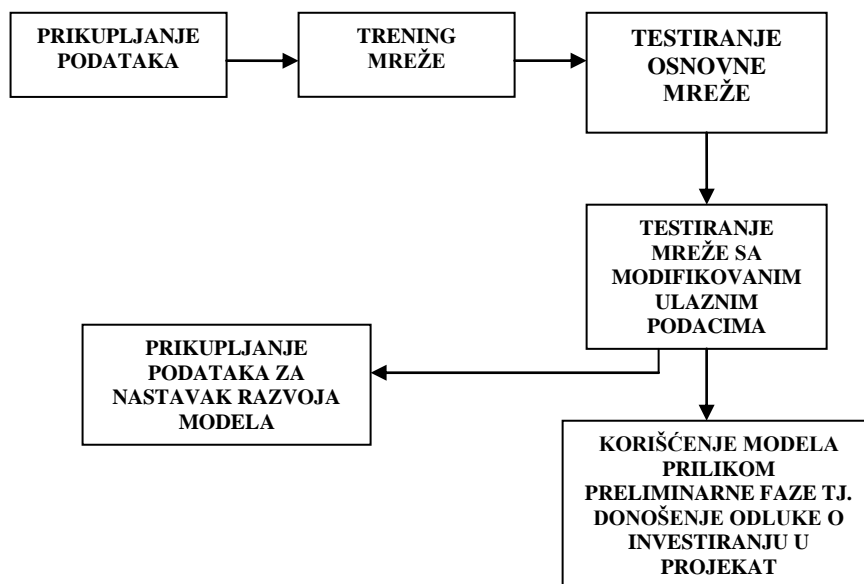
stvarna ponuđačka	stvarni profit	prognozirana cena	prognozirani profit	razlika u ceni (%)
1167	70	1161.4	72.4	0.48%
952	57.1	952.2	59.5	0.02%
1011	40.4	1073.3	42.6	6.16%
1203	48.1	1213.1	51	0.84%
1221.3	73.3	1249.5	68.4	2.31%
				1.96%



Slika 5.4 *Greška u setu podataka za trening i test tokom treniranja za podatke koji su podeljeni u 20 kategorija*

5. PRIKUPLJANJE I SREĐIVANJE PODATAKA IZ PRAKSE SA REALIZACIJE VELIKIH INVESTICIONIH PROJEKATA

Pošto je utvrđeno da je moguće koristiti model u kome je predviđeno pet kategorija po pojedinim elementima radne strukture projekta (konstrukcija ispod kote $\pm 0,00$ i zemljani radovi, konstrukcija iznad kote $\pm 0,00$, fasada i krov, završni radovi, instalacije i spoljnje uređenje) predlaže se sledeći dijagram toka, tj. metodologija razvoja ovog modela za planiranje troškova u ranim (preliminarnim) fazama razvoja projekta.



Slika 5.5 Predložena metodologija modela za brzu procenu troškova izgradnje zasnovana na primeni neuralnih mreža

Praktično, ovaj model bi trebalo proširivati sa novim podacima koji treba da budu unapred pripremljeni, i to sa različitih tržišta. Time bi se ovakav model mogao koristiti za određivanje troškova građenja, i velika preduzeća koja se bave razvojem projekata u nekretninama bi lako mogla da odrede na kojim tržištima je moguće ostvarivati maksimalne profite, uz prikupljanje podataka o ostalim troškovima. U daljem tekstu ovaj model za određivanje troškova građenja će biti proveren i primenom neuralne hetero-asocijativne memorije, jer je primećeno da je veza između nekih ulaznih i izlaznih veličina praktično linearna. Razlog za primenu asocijativnih memorija i pored dobro razvijenih višeslojnih perceptrona i *Boolean* mreža je u primeni i razumevanju bioloških pojava i potrebnom vremenu za treniranje mreža.

Pomoću programa za linearnu heteroasocijativnu memoriju napisanog u programskom jeziku *Matlab* (autor programa je Prašćević, Ž.) trenirano je 60 grupa podataka (10 ulaza i 2 izlaza), prikazanih u tabeli 5.3. Nakon sprovedenog treninga testirano je svih 60 grupa podataka, i dobijeni su rezultati koji su prikazani u sledećoj tabeli. U poslednje dve tabele data su i procentualna odstupanja u odnosu na stvarne podatke, i za troškove su ta odstupanja 7,34%, dok je su za profit ta odstupanja 13,00%. Ovakva odstupanja su mogla i da se očekuju jer su troškovi linearno zavisni od šest ulaznih podataka (od 5-tog do 10-tog), dok preostala četiri ulazna podatka direktno utiču na troškove. Profit zavisi od mnogih rizika koji u ovom modelu nisu detaljno analizirani, tako da bi ovaj model mogao da bude poboljšan unošenjem novih ulaznih podataka koji bi predstavljali rizike, koji bi bili unapred analizirani. Iz ovih odstupanja se može izvesti zaključak da su

5. PRIKUPLJANJE I SREĐIVANJE PODATAKA IZ PRAKSE SA REALIZACIJE VELIKIH INVESTICIONIH PROJEKATA

troškovi linearno zavisni od ulaznih podataka, i mogu se procenjivati korišćenjem linearne heteroasocijativne memorije.

Tabela 5.6 *Stvarni i prognozirani rezultati linearnom heteroasocijativnom memorijom i njihova odstupanja u procentima*

Tip	Lokacija	Veličina	nivo rizika	konstrukcija ispod kote ±0,00	konstrukcija iznad kote ±0,00	fasada krov	završni radovi	instalacije	spoljnje uređenje	STVARNI PODACI		REZULTATI LINEARNA HETEROASOCIJATIVNA MEMORIJA		ODSTUPANJA (STVARNI PODACI-LIN HET MEM)[%]	
										ukupno	ostvoreni profit	ukupno	ostvoreni profit	ukupno	ostvoreni profit
2	2	3	2	2	2	3	2	2	2	1167	70.02	1130	72.8	3.27%	3.82%
2	2	3	2	4	1	1	2	2	1	952	57.12	886	50.9	7.45%	12.22%
2	2	2	3	2	2	3	2	2	1	1011	40.44	1015	34.3	0.39%	17.90%
3	1	2	3	3	3	4	2	2	1	1203	48.12	1206	46.2	0.25%	4.16%
4	1	3	2	2	4	1	2	4	1	1221.4	73.28	1153	62.9	5.93%	16.50%
2	1	3	2	2	1	3	1	3	1	927	55.62	922	59.3	0.54%	6.21%
5	2	3	2	1	3	1	1	4	1	787.04	47.22	847	51.9	7.08%	9.02%
5	2	3	2	1	3	1	1	4	1	833.72	50.02	847	51.9	1.57%	3.62%
1	2	3	3	3	3	2	2	3	1	1189	47.56	1114	46.3	6.73%	2.72%
3	1	3	3	1	2	2	1	1	1	452.2	18.09	517	17.1	10.81%	5.79%
3	3	3	2	2	5	2	2	3	1	1150.5	69.03	1145	69.3	0.48%	0.39%
2	3	2	2	1	2	1	1	2	1	555	33.3	601	28.1	7.65%	18.51%
2	1	3	3	1	4	2	1	1	1	692.97	27.72	597	20.5	16.08%	35.22%
1	2	3	3	1	3	2	1	2	1	665.23	26.61	685	26.3	2.89%	1.18%
5	1	2	3	1	6	3	2	5	3	1741.7	69.67	1733	74.8	0.50%	6.86%
2	1	3	2	1	3	1	1	1	1	551.9	33.11	496	30.4	11.27%	8.91%
2	1	3	3	1	2	1	1	1	1	310.56	12.42	421	8.4	26.23%	47.86%
2	1	3	3	1	2	1	1	1	1	316.04	12.64	496	30.4	36.28%	58.42%
2	1	3	2	1	3	1	2	1	1	584.65	35.08	688	38.4	15.02%	8.65%
2	1	3	3	1	2	1	1	1	1	305.26	12.21	421	8.4	27.49%	45.36%
3	2	3	1	4	2	2	2	3	1	1078.6	86.29	1178	88.1	8.44%	2.05%
3	2	2	2	1	3	5	5	4	1	2010	120.6	2056	107.7	2.24%	11.98%
2	2	3	2	1	2	2	2	2	1	852.6	51.16	863	52.9	1.21%	3.29%
3	2	3	3	2	1	1	1	2	1	509.62	20.38	543	17.4	6.15%	17.13%
4	2	3	2	2	3	2	1	2	1	810.5	48.63	745	50	8.79%	2.74%
5	2	3	2	1	4	1	1	3	1	822.7	49.36	757	47.3	8.68%	4.36%
5	2	3	3	1	3	4	5	3	1	1823	72.92	1738	82.7	4.89%	11.83%
6	1	3	2	2	2	1	1	1	1	344.96	20.7	471	32.3	26.76%	35.91%
6	1	2	2	2	2	1	1	1	1	383.88	23.03	508	22.6	24.43%	1.90%
6	1	3	2	2	2	2	1	2	1	775.48	46.53	697	47.2	11.26%	1.42%
4	1	3	2	2	2	1	1	2	1	661.91	39.71	620	38.3	6.76%	3.68%
4	1	3	2	2	2	1	1	2	1	587.01	35.22	620	38.3	5.32%	8.04%
6	1	3	1	1	2	1	1	2	5	1078.5	86.28	1057	90.7	2.03%	4.87%
6	2	3	2	2	4	2	1	2	2	936.87	56.21	884	60.9	5.98%	7.70%
3	2	3	3	2	2	1	1	2	1	575.8	23.03	583	19.3	1.23%	19.33%
3	2	3	4	4	3	2	2	2	1	1058	21.16	982	22.9	7.73%	7.60%
3	2	3	4	3	3	2	2	3	1	1083.8	21.68	1060	26.6	2.24%	18.50%
3	2	3	4	4	4	3	3	4	1	1526.3	30.53	1571	54.2	2.85%	43.67%
4	2	3	2	5	1	2	3	2	1	1234	74.04	1208	70.7	2.15%	4.72%
5	2	3	2	3	4	2	1	5	2	1337.8	80.27	1338	82.8	0.02%	3.06%
4	2	3	2	3	2	1	1	3	1	677.5	40.65	792	48.9	14.46%	16.87%
5	2	3	2	1	3	2	1	2	2	803.13	48.19	801	56.1	0.27%	14.10%
4	2	3	2	1	3	1	1	2	1	629.47	37.77	596	38.8	5.62%	2.65%
4	2	3	2	3	3	1	1	2	1	779.52	46.77	702	44.3	11.04%	5.58%
2	2	3	1	3	3	4	1	3	3	1385.6	110.85	1411	131.3	1.80%	15.58%
2	2	3	1	4	4	5	1	3	4	1686.8	134.94	1719	134.8	1.88%	0.10%
2	2	3	1	4	3	5	1	3	3	1579.3	126.34	1560	124.3	1.24%	1.64%
2	2	3	1	3	3	4	1	3	4	1532	122.56	1530	121.7	0.13%	0.71%
3	1	3	2	3	3	2	2	3	1	1100.7	66.04	1141	65.6	3.54%	0.67%
6	1	3	2	2	1	1	1	2	2	810.86	48.65	679	45.6	19.42%	6.69%
3	1	2	2	2	4	2	2	2	2	1048	62.88	1154	57.1	9.19%	10.12%
6	1	2	2	2	3	2	1	2	1	775.43	46.53	775	39.4	0.06%	18.10%
4	1	3	3	2	2	1	1	2	1	592.87	23.71	585	18.1	1.35%	30.99%
4	1	2	2	2	2	1	1	2	1	661.71	39.7	658	28.6	0.56%	38.81%
6	1	2	2	1	2	1	1	2	1	548.74	32.92	586	26.3	6.36%	25.17%
														7.34%	13.00%

6. PRIMENA MODELA NA NEKE KARAKTERISTIČNE SLUČAJEVE IZ PRAKSE UZ KORIŠĆENJE PRIKUPLJENIH PODATAKA

Model koji je predložen biće testiran u nastavku ove disertacije na nekim karakterističnim slučajevima iz prakse. Prikupljeni podaci su realizovanih projekata na tri različita tržišta (Centralno - istočna Evropa, Rusija i Srednja Azija), a ovde će biti prikazana i obrađena tri projekta (jedan koji je realizovan, i dva čije je realizacija planirana u bliskoj budućnosti). Projekti se realizuju u Beogradu, Srbija, tržište koje je najbolje obrađeno sa prikupljenim podacima iz prakse. Tip objekata je stambeno-poslovni sa različitim kombinacijama procenata pojedinih prostora, kako bi se rezultati što je moguće bolje mogli upoređivati.

Nivo rizika koji se zadaje kao ulazna kategorija, se prethodno analizira i ocenjuje i bitno utiče na izlazne vrednosti, a procenjuje se na način koji je objašnjen u poglavlju 2.2.5. Struktura troškova građevinskih projekata u visokogradnji na domaćem tržištu je definisana kao zbir sledećih troškova:

- troškovi za komunalne službe;
- troškovi pribavljanja zemljišta;
- troškovi direkcije za gradsko građevinsko zemljište;
- troškovi projektovanja;
- troškovi nadzora i upravljanja projektima;
- troškovi finansiranja projekta;
- troškovi izgradnje.

Model koji je predložen u ovoj disertaciji je baziran na primeni teorije neuralnih mreža (programiran u *MatLab-u*), i obrađeni su samo troškovi građenja. Ostali troškovi koji su pobrojani su prikupljeni kao realno ostvareni troškovi (treba imati u vidu da je stanje na tržištu nekretnina u sva tri slučaja drastično promenjeno, tako da su neki troškovi praktično neprihvatljivi) ili su procenjeni na osnovu iskustva sa tržišta (troškovi projektovanja, nadzora i dr.). Na osnovu ulazne tabela koja je predložena u poglavlju 5 i podele na pet troškovnih kategorija za pojedine radove iz radne strukture prikazano u tabeli 5.3b predložene su sledeće ulazne veličine za projekat 1 (tabela 6.1).

Tabela 6.1 Ulazne veličine za proračun troškova građenja za projekat 1

Tip	Lokacija	Velicina	nivo rizika	konstrukcija ispod kote ±0,00 i zemljani radovi	konstrukcija iznad kote ±0,00	fasada krov	završni radovi	instalacije	spoljnje uređenje
2	1	3	2	2	2	2	2	2	1
2	1	3	1	2	2	2	2	1	1
2	1	3	1	2	2	1	1	1	1

6. PRIMENA MODELA NA NEKE KARAKTERISTIČNE SLUČAJEVE IZ PRAKSE UZ
KORIŠĆENJE PRIKUPLJENIH PODATAKA

Ulazi su definisani za 3 nivoa kvaliteta građenja. Konstrukcija objekta (iznad i ispod kote ±0,00) i spoljno uređenje su u sva tri slučaja jednaki, a razlika postoji samo u preostale tri kategorije, pri čemu je nivo 1 maksimalnog kvaliteta, nivo 2 srednjeg, a nivo 3 minimalnog. Maksimalan kvalitet nosi i nešto veći rizik u odnosu na ostala dva nivoa. U prvom slučaju se radi o standardnoj izgradnji stanova za tržište, objekat je veličine oko 3000 m² bruto građevinske površine, od čega je oko 35% garažnog prostora u podzemnim etažama. Svi troškovi kao i rezultat (troškovi izgradnje i očekivani profit izvođača radova su prikazani u tabeli 6.2).

Tabela 6.2 *Projekat 1 – struktura troškova*

		stambeno	garaže i ostave	.....	.....
	Površina neto	1775.0				1775.0
	Površina bruto	1947.4	1058.2			3005.6
		9.71%				
Pojedinačan pregled troškova po partnerima - pozicijama						
KOMUNALNE SLUŽBE						procentualno (%)
	UKUPNO		9,588,834.91 Din.		96,528.87 €	2.64%
Ugovoreni poslovi:						
KUPOPRODAJNI UGOVORI SA VLASNICIMA ZEMLJIŠTA						
rb	Dokument		Iznos	Srednji kurs NBS-a	Iznosu u €	
1	Ug 1a		5,872,500.00 Din.	80.0750	73,337.50 €	
2	Ug 1b		9,500.00 Din.	80.3350	118.25 €	
3	Ug 1c		310,000.00 Din.	78.2500	3,961.66 €	
4	Ug 1d		1,094,870.00 Din.	79.5300	13,766.75 €	
5	Ug 1e		202,600.00 Din.	80.0000	2,532.50 €	
6	Kompenzacija				714,000.00 €	
	UKUPNO		7,489,470.00 Din.		807,716.67 €	22.05%
Direkcija za Gradsko građevinsko zemljište						
1	Stambeni prostor obračunava se 100%		8,871,055.00 Din.	105.5000	84,085.83 €	
2	Garaže i ostave u podrumu obračunava se 50%		1,210,892.60 Din.	105.5000	11,477.65 €	
	UKUPNO				95,563.48 €	2.61%
PROJEKTOVANJE						
1	Arhitektura			8.00 €	24,044.88 €	
2	Konstrukcija			4.00 €	12,022.44 €	
3	Elektro			4.00 €	12,022.44 €	
4	Vik			3.00 €	9,016.83 €	
5	Spoljno uređenje			1.00 €	3,005.61 €	
	UKUPNO				60,112.20 €	1.64%
NADZOR I UPRAVLJANJE PROJEKTOM						
1	NADZOR			1.50%	34,777.91 €	
2	UPRAVLJANJE PROJEKTOM			2.00%	41,856.12 €	
	UKUPNO				76,634.04 €	2.09%

6. PRIMENA MODELA NA NEKE KARAKTERISTIČNE SLUČAJEVE IZ PRAKSE UZ KORIŠĆENJE PRIKUPLJENIH PODATAKA

TROŠKOVI FINANSIRANJA PROJEKTA						
1	OSTALI TROŠKOVI, KAMATE I DR.		18 mes / 12mes x 6%	6%	207,304.97 €	
UKUPNO					207,304.97 €	5.66%
IZGRADNJA						
		površina (m ²)	troškovi (Euro/m ²)	očekivani profit izvođača radova	UKUPNO (Euro)	
1	NIVO 1	3005.61	921.6	5.96%	2,769,970.18 €	67.33%
2	NIVO 2	3005.61	856.2	7.19%	2,573,403.28 €	65.69%
3	NIVO3	3005.61	536.4	4.82%	1,612,209.20 €	54.54%
UKUPNI TROŠKOVI PROJEKTA						
1	NIVO 1				4,113,830.41 €	
2	NIVO 2				3,917,263.51 €	
3	NIVO3				2,956,069.44 €	

Rezultati koji su dobijeni klasičnom neuralnom mrežom sa dva skrivena sloja sa po četiri čvora, čiji je trening objašnjen i prikazan u poglavlju 5, će ovde biti testirana i primenom linearne hetero-asocijativne memorije, kako bi se dodatno mogli analizirati i potvrditi rezultati vezani za troškove građenja. U tabeli 6.2a uporedno su prikazani rezultati dobijeni neuralnom mrežom i linearnom heteroasocijativnom memorijom, na osnovu ulaznih podataka prikazanih u tabeli 6.1. Rezultati u ovom slučaju odgovaraju i za troškove i profit, tako da je ovaj model potvrđen i u ovom slučaju, i ovaj način procenjivanja troškova moguće je i praktično koristiti. U ovom slučaju odstupanja su jako mala (za troškove prosečna odstupanja su 1,63%), što znači da ovi ulazni podaci dobro odgovaraju setu podataka za trening.

Tabela 6.2a Upoređivanje rezultata dobijenih neuralnom mrežom i linearnom heteroasocijativnom memorijom

IZGRADNJA	Neuralna mreža		Linearna heteroasocijativna memorija		
	troškovi (Euro/m ²)	profit	troškovi (Euro/m ²)	profit (Euro/m ²)	profit (%)
1 NIVO 1	921.6	5.96%	927	54.3	5.86%
2 NIVO 2	856.2	7.19%	832	68	8.17%
3 NIVO3	536.4	4.82%	544	51.5	9.47%

U projektu 2 primenjen je drugačiji pristup, gde je u okviru jednog projekta istraženo koliko će biti troškovi građenja u zavisnosti od variranja procenta stambenog i poslovnog dela objekta. Predviđen je podjednak nivo rizika za sva tri slučaja. Kao i u prethodnom primeru različite kategorije su troškovi fasade i krova, završni radovi i instalacije. Predložene ulazne veličine su prikazane u tabeli 6.3.

6. PRIMENA MODELA NA NEKE KARAKTERISTIČNE SLUČAJEVE IZ PRAKSE UZ KORIŠĆENJE PRIKUPLJENIH PODATAKA

Tabela 6.3 Ulazne veličine za proračun troškova građenja za projekat 2

Tip	Lokacija	Velicina	nivo rizika	konstrukcija ispod kote ±0,00 i zemljani radovi	konstrukcija iznad kote ±0,00	fasada krov	završni radovi	instalacije	spoljne uređenje
2	1	2	2	2	2	2	2	2	1
2	1	2	2	2	2	2	2	1	1
2	1	2	2	2	2	1	1	1	1

Dobijeni rezultati su prikazani u tabeli 6.4. U ovom slučaju planirani profit izvođača radova (u procentima) je najviši u slučaju kada su troškovi najviši, ali ne opada linearno sa padom troškova, što znači da neuralna mreža dobro generiše rezultat (rizici u sva tri slučaja su jednaki, pa proizilazi da troškovi po pojedinim elementima radne strukture nisu linearne vrednosti, već da rezultat zavisi od više parametara.

Tabela 6.4 Projekat 2 – struktura troškova

	stambeno	garaže i ostave			
Površina neto	1091.4	523.9			1615.3
Površina bruto	1255.1	586.8			1841.9
Pojedinačan pregled troškova po partnerima - pozicijama					
KOMUNALNE SLUŽBE					procentualno (%)
1	Beograd Put	11,496.59 Din.	94.1698		122.08 €
2	Zavod za zaštitu spomenika	91,350.00 Din.	96.9951		941.80 €
3	RGZ	6,163.00 Din.	98.8346		62.36 €
4	EDB	10,031.50 Din.	99.9773		100.34 €
5	BVK	127,501.62 Din.	100.9846		1,262.58 €
6	Gradska Čistoća	2,655.00 Din.	104.0529		25.52 €
7	Zelenilo Beograd	15,403.25 Din.	104.0529		148.03 €
8	RTS	6,195.00 Din.	104.0529		59.54 €
	Sekretarijat za urbanizam	30,740.00 Din.	104.1168		295.25 €
	UKUPNO	301,535.96 Din.			3,017.49 €
					0.12%
Ugovoreni poslovi:					
KUPOPRODAJNI UGOVORI SA VLASNICIMA ZEMLJIŠTA					
rb	Dokument	Iznos	Srednji kurs NBS-a		Iznosu u €
1		15,759,990.00 Din.	84.8267		185,790.44 €
2		17,297,550.00 Din.	84.8267		203,916.34 €
3		17,297,550.00 Din.	84.8267		203,916.34 €
4		14,606,820.00 Din.	84.8267		172,196.02 €
5		23,447,790.00 Din.	84.8267		276,419.92 €
	UKUPNO	- Din.			1,042,239.06 €
					40.14%
Direkcija za Gradsko građevinsko zemljište					
1	Stambeni prostor obračunava se 100%	9,826,582.80 Din.	106.1271		92,592.59 €
	UKUPNO				92,592.59 €
					3.57%

6. PRIMENA MODELA NA NEKE KARAKTERISTIČNE SLUČAJEVE IZ PRAKSE UZ KORIŠĆENJE PRIKUPLJENIH PODATAKA

PROJEKTOVANJE					
1	Arhitektura			8.00 €	14,735.20 €
2	Konstrukcija			4.00 €	7,367.60 €
3	Elektro			4.00 €	7,367.60 €
4	Vik			3.00 €	5,525.70 €
5	Spoljno uređenje			1.00 €	1,841.90 €
UKUPNO					36,838.00 €
1.42%					
NADZOR I UPRAVLJANJE PROJEKTOM					
1	NADZOR			1.50%	18,517.54 €
2	UPRAVLJANJE PROJEKTOM			2.00%	21,662.59 €
UKUPNO					40,180.13 €
1.55%					
TROŠKOVI FINANSIRANJA PROJEKTA					
1	OSTALI TROŠKOVI, KAMATE I DR.		18 mes / 12mes x 6%	6%	146,962.20 €
UKUPNO					146,962.20 €
5.66%					
IZGRADNJA					
		površina (m2)	troškovi (Euro/m2)	očekivani profit izvođača radova	UKUPNO (Euro)
1	STAMBENO-POSLOVNO 50-50 %	1841.9	834.6	12.65%	1,537,249.74 €
53.03%					
2	STAMBENO-POSLOVNO 70-30 %	1841.9	711.5	8.40%	1,310,511.85 €
49.04%					
3	STAMBENO-POSLOVNO 90-10 %	1841.9	464.6	7.67%	855,746.74 €
38.59%					
UKUPNI TROŠKOVI PROJEKTA					
1	STAMBENO-POSLOVNO 50-50 %				2,899,079.21 €
2	STAMBENO-POSLOVNO 70-30 %				2,672,341.32 €
3	STAMBENO-POSLOVNO 90-10 %				2,217,576.21 €

Odstupanja rezultata linearne heteroasocijativne memorije u odnosu na neuralnu mrežu su u ovom slučaju veća (oko 14,46% za troškove). Kako su rezultati za neuralnu mrežu sa mnogo manjim odstupanjima u odnosu na stvarne podatke, greška se javlja zbog toga što uzorak za trening linearna heteroasocijativne memorije ima samo 55 grupa podataka koji ne odgovaraju ovim podacima. Osim toga nije pravilan pristup upoređivanje ove dve metode veštačke inteligencije koje svaka za sebe ima odstupanja, pa ih nije moguće tačno odmeriti.

Tabela 6.4a Upoređivanje rezultata dobijenih neuralnom mrežom i linearnom heteroasocijativnom memorijom

IZGRADNJA	Neuralna mreža		Linearna heteroasocijativna memorija		
	troškovi (Euro/m2)	profit	troškovi (Euro/m2)	profit (Euro/m2)	profit (%)
1 STAMBENO-POSLOVNO 50-50 %	834.6	12.65%	965	44.6	4.62%
2 STAMBENO-POSLOVNO 70-30 %	711.5	8.40%	835	38.1	4.56%
3 STAMBENO-POSLOVNO 90-10 %	464.6	7.67%	547	21.7	3.97%

Treći slučaj je sličan prvom, ali se radi o objektu visokog kvaliteta, individualni stambeni objekat u rezidencijalnom delu grada.

6. PRIMENA MODELA NA NEKE KARAKTERISTIČNE SLUČAJEVE IZ PRAKSE UZ
KORIŠĆENJE PRIKUPLJENIH PODATAKA

Tabela 6.5 Ulazne veličine za proračun troškova građenja za projekat 3

Tip	Lokacija	Velicina	nivo rizika	konstrukcija ispod kote ±0,00 i zemljani radovi	konstrukcija iznad kote ±0,00	fasada krov	završni radovi	instalacije	spoljnje uređenje
2	1	2	1	1	2	2	2	2	3
2	1	2	1	1	2	2	3	2	3
2	1	2	2	1	3	3	4	3	4

Tabela 6.6 Projekat 3 – struktura troškova

	stambeno	garaže i ostave			
Površina neto	502.75	137.25	13.8		653.8
Površina bruto					797.636
Pojedinačan pregled troškova po partnerima - pozicijama					
KOMUNALNE SLUŽBE					
					procentualno (%)
1	Teodolit	262,668.00 Din.	84.6990	3,101.19 €	
2	Geopro	47,500.00 Din.	94.7155	501.50 €	
3	Zelenilo Beograd	57,762.20 Din.	94.1547	613.48 €	
4	Gradska Čistoća	6,637.50 Din.	94.1547	70.50 €	
5	BVK	384,417.39 Din.	103.2073	3,724.71 €	
6	Geotim	142,000.00 Din.	105.0038	1,352.33 €	
7	EDB	51,503.00 Din.	106.1159	485.35 €	
8	Duma	4,017.02 Din.	107.4270	37.39 €	
	UKUPNO	956,505.11 Din.		9,886.46 €	0.34%
Ugovoreni poslovi:					
KUPOPRODAJNI UGOVORI SA VLASNICIMA ZEMLJIŠTA					
rb	Dokument	Iznos	Srednji kurs NBS-a	Iznosu u €	
1	Ug. 576,		95.0000	842,620.00 €	
2	Ug. 622,		95.0000	263,269.00 €	
3	Ug. 623,		95.0000	285,000.00 €	
4	Ug. 624,		95.0000	123,417.00 €	
5	Ug. br. 503,		95.0000	21,131.00 €	
	UKUPNO	- Din.		1,535,437.00 €	52.81%
Direkcija za Gradsko građevinsko zemljište					
1	Stambeni prostor obračunava se 100%	8,871,055.00 Din.	105.5000	84,085.83 €	
2	Garaže i ostave u podrumu obračunava se 50%	1,210,892.60 Din.	105.5000	11,477.65 €	
	UKUPNO			95,563.48 €	3.29%

6. PRIMENA MODELA NA NEKE KARAKTERISTIČNE SLUČAJEVE IZ PRAKSE UZ KORIŠĆENJE PRIKUPLJENIH PODATAKA

PROJEKTOVANJE						
1	Arhitektura			16.00 €	12,762.18 €	
2	Konstrukcija			8.00 €	6,381.09 €	
3	Elektro			5.00 €	3,988.18 €	
4	ViK			5.00 €	3,988.18 €	
5	Spoljno uređenje			4.00 €	3,190.54 €	
UKUPNO					30,310.17 €	1.04%
NADZOR I UPRAVLJANJE PROJEKTOM						
1	NADZOR			1.50%	15,500.06 €	
2	UPRAVLJANJE PROJEKTOM			2.00%	22,851.47 €	
UKUPNO					38,351.54 €	1.32%
TROŠKOVI FINANSIRANJA PROJEKTA						
OSTALI TROŠKOVI, KAMATE I						
1	DR.		18 mes / 12mes x 6%	6%	164,573.16 €	
UKUPNO					164,573.16 €	5.66%
IZGRADNJA						
		površina (m ²)	troškovi (Euro/m ²)	očekivani profit izvođača radova	UKUPNO (Euro)	
1	NIVO 1	797.636	1021.6	14.58%	814,864.94 €	30.30%
2	NIVO 2	797.636	1200.6	18.70%	957,641.78 €	33.82%
3	NIVO3	797.636	1664.3	25.10%	1,327,505.59 €	41.46%
UKUPNI TROŠKOVI PROJEKTA						
1	NIVO 1				2,688,986.75 €	
2	NIVO 2				2,831,763.59 €	
3	NIVO3				3,201,627.40 €	

I u ovom slučaju su odstupanja ove dve metode veštačke inteligencije dosta velika (13,23%), tako da je komentar sličan kao i u prethodnom slučaju.

Tabela 6.6a Upoređivanje rezultata dobijenih neuralnom mrežom i linearnom heteroasocijativnom memorijom

IZGRADNJA	Neuralna mreža		Linearna heteroasocijativna memorija		
	troškovi (Euro/m ²)	profit	troškovi (Euro/m ²)	profit (Euro/m ²)	profit (%)
1 NIVO 1	1021.6	14.58%	1184	79.3	6.70%
2 NIVO 2	1200.6	18.70%	1376	87.3	6.34%
3 NIVO3	1664.3	25.10%	1918	100.5	5.24%

Postojeći modeli za planiranje troškova se baziraju na istorijskim podacima. Kako je građevinsko tržište Srbije nestabilno (primer: prema podacima Republičkog zavoda za statistiku 2008. godine cena izgradnje stanova u Beogradu je bila 900,90 eura/m², 2004. godine 614,09 eura/m², a 2003. godine 677,83 eura/m²), nije dobro sprovoditi takve procene. Takođe, rizik se obično ne računa za sve pozicije, već se proračunatim troškovima dodaje određeni procentualni dodatak, kojim se obično pokrivaju greške prilikom pripremanja realizacije, ali ne i sami rizik. Model koji je predložen predstavlja

6. PRIMENA MODELA NA NEKE KARAKTERISTIČNE SLUČAJEVE IZ PRAKSE UZ KORIŠĆENJE PRIKUPLJENIH PODATAKA

univerzalni način proračuna troškova izgradnje. On je koncipiran na hipotezi da je mnogo lakše procenjivati određene elemente WBS strukture nego kompletne troškove. Praktično, ovaj model na osnovu istorijskih podataka vrši trening neuralne mreže, čime se uspostavlja zavisnost između određenih elemenata troškovne strukture. Osim elemenata WBS strukture (troškovi), kao ulazni podaci data su i četiri elementa koji bitno utiču na troškove projekta (tip objekta, lokacija, veličina i nivo rizika za projekat). Ovaj model može i da se primeni i na mnoge druge projekte u građevinarstvu (ovde je obrađen model koji je primenljiv samo za projekte visokogradnje). Postignute je visoka tačnost prilikom treninga neuralne mreže, tako da su rezulteti procene jako tačni, što je i potvrđeno na realnim problemima.

7. ZAKLJUČCI

Istraživanje izvršeno u ovoj disertaciji spada u oblast upravljanja projektima, a obrađeni su problemi planiranja i kontrole realizacije projekata kao glavni činioci savremenog upravljanja građevinskim projektima. U disertaciji je na samom početku izvršena analiza ekonomskih karakteristika građevinskog tržišta, sa akcentom na stanje u domaćem građevinskom sektoru, i model koji je kasnije formiran je prilagođen kretanjima na tržištu, i omogućuje uspešniji nastup građevinskih preduzeća na budućim projektima u skladu sa analiziranim predviđanjima stanja na domaćem i međunarodnom građevinskom tržištu.

Utvrđeno je da rizici kojima su izloženi građevinski projekti najbolje mogu da se kontrolišu izborom odgovarajuće ugovorne strategije i formiranjem modela za planiranje i kontrolu realizacije. Zbog toga je analizi i upravljanju rizicima dat poseban značaj, i prikazani su odgovarajući alati i tehnike za analizu i upravljanje rizicima koji mogu da se primenjuju na građevinskim projektima. Osim toga, dat je i jedan način kvantifikovanja i upravljanja rizicima koji je moguće primeniti u praksi.

Nakon kratkog prikaza mogućih ugovornih strategija koje se mogu primeniti na građevinskim projektima, analizirani su rizici koji se pojavljuju usled njihove primene i data je preporuka koje ugovorne strategije treba primenjivati na pojedinim projektima.

Cilj ovog istraživanja je da se na osnovu sistematizacije izvršenih istraživanja iz ove oblasti ukaže na značaj planiranja i kontrole realizacije, sa akcentom na finansijsko planiranje, na potrebu formalizovanja i procesuiranja same realizacije građevinskog projekta, i da se razmotri mogućnost primene neuralnih mreža u oblasti procena i finansijskog planiranja. Neki aspekti teorije neuralnih mreža koji su primenjivi na modelima su detaljno obrađeni u ovoj disertaciji i praktično je primenjen trening mreže uz korišćenje velikog broja prikupljenih podataka sa realizacije velikih građevinskih projekata.

Prilikom izrade ove disertacije pošlo se od hipoteze da troškovi građenja predstavljaju najvažniju kategoriju kojom se može uticati na uspešnost kompletnog projekta, i da ovi troškovi mogu da se procene sa dovoljnom tačnošću u fazi donošenja odluka o vrsti i kvalitetu buduće investicije. Kako je primećeno, domaća praksa u projektovanju i aktuelna zakonska regulativa zanemaruju sagledavanje svih troškova u ranim fazama projektovanja, pa se prišlo formiranju jednostavnog modela koji koristi mogućnosti veštačke inteligencije tj. teorije neuralnih mreža i baza istorijskih podataka koji treba da pomogne investitorima pri donošenju odluka o vrsti i nivoima kvaliteta budućih investicija. Osim toga, optimalno trajanje građenja sa stanovišta troškova treba da bude nepromenljivo, a korigovanja eventualnih kašnjenja se postižu angažovanjem dodatnih direktnih resursa, čime se eliminišu dodatni indirektni troškovi, i omogućuje pravovremeno puštanje projekta u eksploataciju. Ova hipoteza proističe iz analize strukture troškova građenja koja je sprovedena u ovoj disertaciji, u uslovima savremenog načina finansiranja gde veliki procenat troškova predstavljaju indirektni troškovi.

Sa stanovišta investitora najvažnije je prilikom donošenja odluke o investiranju utvrditi rizike kojima je projekat izložen, i utvrditi njihove troškovne i vremenske implikacije, utvrditi optimalnu ugovornu strategiju i troškove izgradnje u zavisnosti od vrste i kvaliteta objekta koji treba da se gradi. Sa prikupljenih 60 grupa podataka iz prakse

korišćenjem neuralne mreže i linearne heteroasocijativne memorije formiran je model za grubu procenu troškova na osnovu konceptualnog projektnog rešenja. Ovaj model daje rezultate visoke tačnosti, što je i potvrđeno primenom teorije neuralnih mreža i linearne heteroasocijativne memorije. Osim toga model je proveren na praktičnom primeru, i to na tri projekta koji su realizovani, i rezultati su visoke tačnosti (odstupanja su manja od 3% od stvarnih rezultata).

Analizirajući relevantnu inostranu literaturu došlo se do zaključka da se većina autora fokusira na univerzalnim modelima za planiranje i kontrolu realizacije projekata, koji su veoma ograničeni pri-menom tradicionalnih ugovora o građenju i obračunom i naplatom radova. Treba imati u vidu da savremena praksa upravljanja projektima, koja je nastala u liberalnim ekonomijama, nije u pot-punosti primenljiva u ekonomijama koje su još uvek ili su nedavno izašle iz tranzicionog ciklusa. Iskustva iz prakse su takva da su najuspešniji projekti realizovani u transparentnom okruženju, gde su se odnosi između investitora i izvođača radova praktično usmeravali ka partnerstvu. U takvom okruženju troškovi su transparentna kategorija i može se primenjivati obračun troškova građenja kroz nadoknadu troškova (*cost reimbursement*). Originalni doprinos u ovoj disertaciji je po mišljenju autora u pronalaženju adekvatnog modela planiranja, koji prepoznaje rizike i primenjuje se u početnoj fazi realizacije projekta. Osim modela za planiranje predložen je i model za kontrolu realizacije projekta koji se oslanja na stalni proces re-planiranja u toku realizacije. Ovaj model je baziran na evidentiranju odstupanja pojedinih elemenata radne (WBS) strukture u procentima, i kontinuiranom procesu re-planiranja, gde su konačni rok i međurokovi jedini nepromenjivi datumi u dinamičkom planu, dok se inicijalni plan smatra samo polaznom osnovom za planiranje i kontrolu realizacije projekta.

Iako je model za kontrolu realizacije projekta koji je predložen široko primenljiv u praksi, pokušala se pronaći zavisnost angažovanih ljudskih resursa, procenta izvršenja i faktora izvršenja pojedinih disciplina (tehnološki i građevinski) i kompletnog projekta, na osnovu treniranja neuralne mreže sa velikim brojem istorijskih podataka sa različitih projekata. Sa povećanjem broja podataka za trening greška se smanjivala, ali nije postignuta dovoljna tačnost za primenu ovog modela u praksi. Procena je da bi se za građevinske projekte u oblasti visokogradnje zadovoljavajuća tačnost postigla sa treningom mreže sa oko 500 različitih grupa podataka. U ovom slučaju vidi se da je za trening neuralne mreže potrebno da postoji zavisnost između ulaznih i izlaznih podataka, što u ovom slučaju nije u potpunosti bilo zadovoljeno.

Projekti koji su analizirani su izgradnja objekata visokogradnje koji su direktno izloženi uticajima i rizicima na tržištu. Zbog toga vreme od trenutka donošenja odluke o vrsti i kapacitetima objekta koji će se graditi do njegovog puštanja u eksploataciju treba da bude što kraće. Ovo se može postići primenom savremenih ugovornih strategija (integracijom procesa projektovanja i građenja, faznom realizacijom i dr.) što je samo kratko objašnjeno u ovoj disertaciji. Model kojim se eliminiše kašnjenje se oslanja na u praksi često primenjivan koncept "poslednji planer" ("*last planner*"). Ovaj model se u praksi pokazao kao dobar način sprovođenja operativnog planiranja, ali se model predložen u ovoj disertaciji može koristiti za ocenu procentualnog odstupanja i za donošenje odluke o sprovođenju korektivnih akcija. Predloženi način finansiranja realizacije u ovom slučaju je nadoknada troškova izvođaču radova na osnovu unapred ugovorenih troškova za radnu snagu, ili međunarodnoj praksi poznat model "*cost plus*" (ostvareni troškovi plus unapred dogovorena nadoknada).

PRIMENA U PRAKSI

Ovaj pristup je osmišljen sa prvenstvenim ciljem da se prilagođava i primenjuje na realnim projektima. U suštini ovo su dva odvojena modela, koja su predviđena da pokriju dva glavna problema upravljanja projektima, gde je model za procenu i planiranje troškova građenja zamišljen da se koristi prilikom donošenja odluka o vrsti i kvalitetu buduće investicije u visokogradnji. Drugi model je vezan za kontrolu realizacije projekata i zasniva se na kontroli angažovanja ljudskih resursa i njihovih troškova, registrovanje procentualnog odstupanja i permanentno praćenje. Stalno replaniranje tokom realizacije je originalan pristup čija je suština u završetku realizacije u unapred fiksiranom roku, uz angažovanje po potrebi dodatnih direktno angažovanih resursa.

Novi pristup je usklađen sa zakonskom regulativom, savremenim načinima finansiranja projekata i trendovima na finansijskom tržištu, i ne postoje formalne prepreke za njegovu konkretnu primenu. Nastojalo se da se sagledaju savremeni problemi upravljanja projektima, a metode su primenjene u pojedinim fazama realizacije projekata. U okviru završnih razmatranja su navedene najvažnije faze koje treba sprovesti, ugovore i načine sprovođenja tenderskih procedura koje treba primenjivati načine i analize upravljanja rizicima itd. Neki delovi ovih modela već su primenjivani u praksi.

PRAVCI DALJIH ISTRAŽIVANJA

Novi pristup grubom procenjivanju i planiranju troškova kao i određivanje parametara uspešnosti realizacije projekata namenjen je prvenstveno realizaciji projekata izgradnje objekata visoko-gradnje. Model za kontrolu realizacije projekata je jedan pristup baziran na ocenjivanju procenta odstupanja i osmišljavanju korektivnih akcija u smislu angažovanja dodatnih resursa. Zbog toga što je domen primene ograničen, moguće je osmisлити određena rešenja za konkretne projekte, što je i jedan od osnovnih ciljeva ove disertacije.

Unapređenje ovog modela treba da ide u pravcu smanjivanja greške modela za kontrolu realizacije projekata, i to treniranje mreže sa dodatnim prikupljenim podacima (očekuje se da će greška opasti ispod 10% sa treningom mreže sa 600 do 800 grupa podataka).

Što se modela za planiranje i procenjivanje troškova tiče potrebno je kontinuirano povećanje baze istorijskih podataka, i to za što više različitih tržišta i tipova objekata, čime bi se omogućio lakši nastup domaćih preduzeća na inostranim tržištima. Osim toga, treba stalno vršiti upoređivanje rezultata korišćenjem neuralnih mreža i linearne heteroasocijativne memorije, i utvrđivati para-metre koji linearno utiču na troškove realizacije projekta, a dalji razvoj treba da se kreće u pravcu uvođenja ostalih parametara uspešnosti projekta (vreme realizacije, troškovi životnog ciklusa projekta, bezbednost na radu, ekologija i dr.).

Iako se u ovoj disertaciji prišlo sistemskom rešavanju problema upravljanja projektima, i modeli koji su predloženi treba da se prilagođavaju konkretnim projektima, moguće je unaprediti realizaciju projekata i funkcionisanje domaćih građevinskih preduzeća uz

stalno primenjivanje analize i upravljanja rizicima, kao i upravljanja lancima snabdevanja (najviše u smislu sprovođenja ugovornih strategija). Generalno, razvoj ovih modela sistemski treba da se kreće uz stalno proširivanje baze podataka sa realizacije novih projekata i korišćenjem alata veštačke inteligencije.

8. LITERATURA

1. Abitz, Damgaard et al. (2007) "*Excess of neurons in the human newborn mediodorsal thalamus compared with that of the adult*", Oxford, Oxford Journals
2. Adeli, H. (2001) "Neural Networks in Civil Engineering": 1989 – 2000, *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, Vol 16, pp. 126 – 142
3. Adeli H., Sarma K.C. (2006) "*Cost Optimisation of Structure*", John Wiley & Sons, Ltd.
4. Allport R., Bennett J., Chapman C, Clark M., Godfrey P., Hopkins C., Lewin C., Nichols M., Orman G., Readings J., Symons M., Tilston D., Watts L. (2005) "*RAMP – Risk Analysis and Management for Projects*", The Institution of Civil Engineers and the Faculty and Institute of Actuaries by Thomas Telford Publishing
5. Anderson D., McNeill G. (1992) "*Artificial Neural Networks Technology*",
6. Ashworth, A., Hogg, K. (2007) "*Willis's Practice and Procedure for the Quantity Surveyor*", 12th Edition, Blackwell Publishing
7. Asif M., Horner R.M.W. (1987) "*Economical Construction Design Using Simple Cost Models*", University of Dundee
8. Ballard H.G. (1997) "Lookahead Planning : The Missing Link in Production Control", *5th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, Griffith University, Gold Coast, Australia
9. Ballard H.G. (2000) "*The Last Planner System of Production Control*", PhD Thesis, School of Civil Engineering, Faculty of Engineering, The University of Birmingham
10. Barnes, N.M.L. (1971) "*The Design and Use of Experimental Bills of Quantities for Civil Engineering Works*", PhD Thesis, University of Manchester Institute of Science and Technology
11. Barnes, N.M.L. (1977) "*Measurement in Contract Control*", Institution of Civil Engineers. 2.
12. Beale R., Jackson T. (1990) "*Neural Computing : An Introduction*", Adam Hilger, Bristol, Philadelphia and New York
13. Benett J., Jayes S. (1995) "*Trusting the Team*", Centre for Strategic Studies in Construction, University of Reading
14. Brook M., (2008) "*Estimating and tendering for construction work*", Oxford : Butterworth-Heinemann
15. Burt, D., Dobler, D., Starling, S. (2003) "*World class supply management*", McGraw-Hill, New York
16. Carpenter, G.A. (1989) "Neural network models for pattern recognition and associative memory", *Neural Networks*, 2(4), pp. 243-257
17. Carpenter G.A., Grossberg S. (1988) "The ART of adaptive pattern recognition by a self-organising neural network, *IEEE Computer*, pp. 77-88
18. Cartlidge, D. (2008) "*New Aspects of Quantity Surveying Practice*", 2nd Edition, Elsevier Ltd.

19. Cekić Z. (2004) "*Strateško upravljanje građevinskim preduzećem na međunarodnom tržištu*", Doktorska disertacija, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu
20. Chan, P.C, Chan, D.W.M. and Ho, K.S.K. (2003) "An empirical study of the benefits of construction partnering in Hong Kong", *Construction Management and Economics*, Vol 21, pp. 523-533
21. Cheng M-Y., Ko C-H. (2003) "Object-Oriented Evolutionary Fuzzy Neural Inference System for Construction Management", *Journal for Construction Engineering and Management ASCE*, pp. 461-469
22. Cheung S-O. (1999) "Critical factors affecting the use of alternative dispute resolution processes in construction", *International Journal of Project Management* Vol. 17, No.3, pp. 189-194
23. Cirillo, R. (1979) "The Economics of Vilfredo Pareto", *Frank Cass*. pp. 61-87
24. Creed S.J., Joon H.P. (2009) "Risk Index for Minimising Environmental Disputes in Construction", *Journal of Construction Engineering and management ASCE*, January 2009, pp. 35-41
25. Construction innovation forum, *The last planner system*, <http://www.cif.org/noms/2003/17 - Work Flow Management.pdf> (14.02.2011)
26. Ćirović G. (1994) "*Vrednovanje organizacionih faktora i promena u građevinskoj radnoj organizaciji*", Doktorska disertacija, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu
27. Ćirović G., Plamenac D. (2005) "*Grubi skupovi – Primena u građevinarstvu*", Društvo operacionih istraživača – DOPIS, Beograd
28. Davies, A.J. and Greenwood, D.J. (1994) "A Proposed New Approach to Elemental Cost Planning for Designers and Builders", *Transactions. Association of Researches in Construction Management. Skitmore, R.M. and Betts, M., Eds. Loughborough University of Technology*, pp. 402-409
29. Defence Systems Management College (DSMC) (1986) "*Risk Management : Concepts and Guidance*" Ft.Belvoir, Va: Defence Systems Management College
30. Deutsches Institut für Normung (1984). DIN 276 – Kostengliederung für Hochbauten
31. Diederichs, C-J. and Hepermann, H. (1985) "*Kosteneinflussfaktoren bei den Leitpositionen von Standardleistungsbeschreibungen für die Kostengruppe 3.1 nach DIN 276*", Bergische Universität Wuppertal
32. Edwards L. (1995) "*Practical risk management in the construction industry*", Thomas Telford
33. Ehrgott, M. (2007) "*Multicriteria Optimisation*", Springer
34. Evans, J. , Dean, J. (2003) "*Total quality: Management, Organisation and Strategy*" Thomson, New York
35. Ferry D., Brandon P. (1991) "*Cost Planning of Buildings*", BSP Professional Books, Oxford, Sixth Edition
36. Flanagan R., Norman G. (2003) "*Risk Management and Construction*", Blackwell Science Ltd.

37. Goldratt, E.M. (1990) "The Haystack Syndrome: Sifting Information Out of the Data Ocean", North River Press
38. Golić, K. "Primena bidirekcionne asocijativne memorije za rešavanje problema višekriterijumskog odlučivanja", *Izgradnja (2008) 62*, Vol 10-11, pp. 419-424
39. Gruneberg, S., (1997) "*Construction Economics – An Introduction*", Macmillan Building and Surveying Series
40. Ham F.M., Kostanic I. (2001) "*Principles of Neurocomputing for Science & Engineering*", McGraw-Company Int.Ed.
41. Hammer, M., Champy, J. (1993) "*Reengineering the corporation*", Harper-Business, New York
42. Hardcastle, C., Brown, H.W. and Davies, A.J. (1987) "The use of computers in the quantity surveyor's office. The past, the present and future, in Building Cost Modelling and Computers", eds P.S. Brandon. E. & F.N. Spon, London, pp. 183-192.
43. Hardcastle, C., Brown, H.W. and Davies, A.J. (1987a) "*Statistical Modelling of Civil Engineering Costs in the Petrochemical Industry*", Transactions, Building Cost Modelling and Computers, University of Salford
44. Hardcastle, C., Brown, H.W. and Davies, A.J. (1987b) "*Statistical Modelling of Civil Engineering Costs in the Petrochemical Industry*", Transactions, CIB Fourth International Symposium on Building Economics, Copenhagen
45. Hardcastle, C., Brown, H.W. and Davies, A.J. (1988) "*Control of Petrochemical Civil Engineering Costs*", Transactions, American Associations of Cost Engineers, Tenth International Cost Engineering Congress, New York, NY.
46. Hecht-Nielsen R. (1987) "Counter propagation networks", *Applied Optics*, 26(23), pp. 4979-4984
47. Hinze J.W. (2008) "*Construction Planning and Scheduling*", 3rd Edition, Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, Columbus, Ohio
48. Hojjat A., (2001) "Neural Networks in Civil Engineering", Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering, pp. 126-142
49. Hooker, John N., (2007) "*Integrated Method for Optimisation*", Springer
50. Horner, R.M.W., Saket, M.M. (1984) "*Cost Significance and Iterative Estimating*", University of Dundee
51. Horner, R.M.W., McKay, K.J. and Saket, M.M. (1986) "*Simple Computer Models of the Construction Process*", Transactions, International Association for Bridge and Structural Engineering, Zurich
52. Horner, R.M.W., McKay, K.J., Saket, M.M. "Cost Significance in Estimating and Control", *Simpozijum 'Organizacija građenja', Opatija, 1986*, pp. 571-585
53. Hughes, W.P., Hillebrandt, P., Murdoch, J.R. (1998) "*Financial protection in the UK building industry: bonds, retentions and guarantees*", London: Spon.
54. Hughes, W.P., Hillebrandt, P., Greenwood, D.G., Kwawu, W.E.K. (2006) "*Procurement in the construction industry : the impact and cost of alternative market and supply processes*", London : Teylor and Francis
55. Imai, M. (1991) "*Kaizen*", McGraw-Hill, New York

56. Iyer K.C., Sagheer M. (2010) "Hierarchical Structuring of PPP Risks Using Interpretative Structural Modeling", *Journal of Construction Engineering and Management ASCE*, Feb 2010, pp. 151-159
57. Ivanišević N. (1998) "*Prilog sistematizovanju i analizi tipova međunarodnih ugovora u građevinarstvu, sa posebnim osvrtom na FIDIC-ove uslove po sistemu projektuj-izgradi i ključ u ruke*", Magistarska teza, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu
58. Ivanišević N. (2007) "*Upravljanje procesom izbora ugovorne strategije u građevinarstvu uz primenu teoriju fazi (rasplinitih) skupova*", Doktorska disertacija, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu
59. Ivković B. (1989) "*Optimizacija pouzdanosti proizvodnih sistema u građevinarstvu*", Doktorska disertacija, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu
60. Ivković, B., Popović Ž., Božić I.,(1998) "Mogućnost primene modela troškovno značajnih stavki za procenu troškova u građevinarstvu", *Izgradnja* 52 , pp. 271-277
61. Ivković B., Popović Ž. (2004) "*Upravljanje projektima u građevinarstvu*", Građevinska knjiga, Beograd
62. Jevremović V., Mališić J. (2002) "*Statističke metode u metodologiji i inženjerstvu*", Savezni hidrometeorološki zavod, Beograd
63. Knežević, M. (2004) "*Upravljanje rizikom pri realizaciji građevinskih projekata*", Doktorska disertacija, Građevinski fakultet, Univerziteta u Beogradu
64. Koutsoyiannis A. (1982) "*Non-Price Decisions, The Firm in a Modern Context*" , Macmillan
65. Koskela L., Huovila P. (1997) "On Foundations of Concurrent Engineering" in Anumba C. And Evbuomwan N. (eds) *Concurrent Engineering in Construction CEC97, London 3-4 July, The Institution of Structural Engineers, London*, pp. 22-32
66. Krčevinac S, Čengalović M, Kovačević-Vujčić V, Martić M, Vujošević M. (2009) "*Operaciona istraživanja 1*", treće izdanje, Fakultet organizacionih nauka, Beograd
67. Krčevinac S, Čengalović M, Kovačević-Vujčić V, Martić M, Vujošević M. (2006) "*Operaciona istraživanja 2*", drugo izdanje, Fakultet organizacionih nauka, Beograd
68. Kumaraswamy M.M., Chan D.W.M. (1998) "Contributors to construction delays", *Construction Management and Economics Vol. 16*, pp. 17-29
69. Laufer A., Tucker R.L., Shapira A., Shenher A.J., (1994) "The multiplicity concept in Construction project planning", *Construction Management and Economics Vol. 11*, pp. 53-65
70. Lee J-S, Kim J-Y, Nam D, Park C H, (2004) "Self-Organizing Neural Networks by Construction and Pruning", *IEICE Trans. Inf.&Syst.*, Vol.E87-D, pp.2489-2498
71. Lock D. (2007) "*Project Management*", Gower Publishing, Ninth edition
72. Marković Lj. (2008) "*Unapređenje procesa realizacije investicionog projekta sa, analizom troškova i rizika*", Doktorska disertacija, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu
73. Marković Lj., Prašćević Ž. (2009) "Mogućnost primene parametarskog regresivnog modela za procenu troškova u građevinarstvu", *Izgradnja Vol 63*, 7-8, pp. 295-302

74. Maylor H. (2005) "*Project Management*", Pearson Education Ltd, third edition
75. Masterman J.W.E (1992) "*Building Procurement Systems*", E.FN. Spon, London
76. Melles B., Wamelink J.W.F. (1993) "*Production Control in Construction*", Delft University Press, Delft, The Netherlands
77. Mentzer, J.T. et.al. (2001) "Defining Supply Chain Management", *Journal of Business Logistics*, Vol.22, No.2, 2001, pp. 1-25
78. Mohamed Attala P.E., Tarek Hegazy, P.E., M.ASCE (2003) "Predicting Cost Deviation in Reconstruction Projects: Artificial Neural Networks versus Regression", *Journal of Construction Engineering and Management*, V129-49, pp. 405-411
79. Moore P.G., Thomas H. (1975) "*The anatomy of decisions*", Penguin Books, United Kingdom
80. Myers, D., (2008) "*Construction Economics – A New Approach*", Taylor & Francis, London and New York
81. Oberlender G.D. (2000) "*Project management for engineering and construction*", 2nd ed., McGraw-Hill International Editions - Civil Engineering Series
82. Pande, P., Neuman, R., Cavanagh, R. (2000) "*The six-sigma way*", McGraw-Hill, New York
83. Pao, Y.-H. (1989) "*Adaptive Pattern Recognition and Neural Networks*", Reading, MA: Addison-Wesley
84. Perry J.G., Hayes R.W. (1985) "Risk and its Management in Construction Projects", *Proc Instr C W Engrs*, vol. 78, pp. 499-521
85. Petronijević P. (2011) "*Optimizacija izbora građevinskih mašina*", Doktorska disertacija, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu
86. Petronijević P., Arizanović D., Ivanišević N. (2011) "Metodologija proračuna troškova rada građevinskih mašina prema USACE", *Izgradnja 65* (2011) Vol. 1-2, pp. 17-27
87. Petrović D. (2003) "Koncept multiprojektne upravljanja u preduzeću", Doktorska disertacija, Fakultet organizacionih nauka Univerziteta u Beogradu
88. Picton P.D. (1997) "Neural and neuro – fuzzy control systems", *Neural Network Analysis, Architectures and Applications* (ed. Browne, A.). Bristol : Institute of Physics Publishing, pp. 185-203
89. Picton P.D. (2000) "*Neural Networks*", 2nd edition, Palgrave. New York
90. Popović, Ž. (2009) "*Odštetni zahtevi u građevinarstvu*", Građevinska knjiga, Beograd
91. Prašćević N. (1998) "*Konceptualni model informacionog sistema građevinskog preduzeća*", Magistarska teza, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu
92. Prašćević N. (2004) "*Informacioni sistem za planiranje i praćenje realizacije projekata u građevinarstvu*", Doktorska disertacija, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu
93. Prašćević Ž., Prašćević N. (2009) "*Operaciona istraživanja u građevinarstvu*", Čigura print, Beograd

94. Prašević Ž. (2010) "Primena neuralne heteroasocijativne memorije za rangiranje učesnika na licitaciji za realizaciju projekata sa osvrtom na neke tenderske procedure", *Izgradnja* 64, 3-4, pp. 135-154
95. Prašević Ž., Knežević M. (2010) "Application of heteroassociative memory for multicriteria decision making in construction industry", *International Scientific Conference – People, Buildings and Environment 2010*, pp. 262-268
96. Pritchard C.L. (2001) "*Risk Management : Concepts and Guidance*" ESI International
97. Property Services Agency (1983) "*Estimation Information – Significant Items and Average Measured Rates*"
98. Radojević Z. (2010) "*Operacioni menadžment*", AGM Knjiga, Beograd
99. Rougvié A. (1988) "*Project Evaluation and Development*", Mitchell, London
100. Saket, M.M. (1986) "*Cost Significance Applied to Estimating and Control of Construction Costs*", PhD Thesis, University of Dundee.
101. Saket, M.M. (Undated) "Results of Testing Iterative Estimating", *University of Dundee*, Report Nr 84/12.
102. Shash, A.A. (1993) "Factors considered in tendering decisions by top UK contractors", *Construction Management and Economics*, 11, pp. 111-118
103. Singiresu, S. Rao (2009) "*Engineering Optimisation – Theory and Practice*", fourth edition, John Wiley & Sons, inc.
104. *SMM7 : standard method of measurement of building works*, London : Royal Institution of Chartered Surveyors, 1988
105. Steinbuch K., (1961) "Die lernmatrix", *Kybernetik*, 1, pp. 36-45
106. Steinbuch K., Piske U.A. (1963) "Learning matrices and their application", *IEEE Transactions Electronic Computers*, EC-12, pp. 846-862
107. Stojadinović Z. (2007) "*Sistem upravljanja projektima izgradnje stambeno-poslovnih objekata na bazi integracije procesa projektovanja i građenja*", doktorska disertacija, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu
108. Stojadinović Z., Marinković D. (2010) "Primena detaljnog modela procene za potrebe izrade preinvesticionih studija za projekte izgradnje stambeno-poslovnih objekata", *Izgradnja Vol 64*, 7-8, pp. 401-410
109. Swalm R.O. (1966) "Utility Theory – Insights into Risk Taking", *Harvard Business Review*, Nov-Dec, pp. 123-136
110. Tan W. (2007) "*Principles of Project and Infrastructure Finance*", Taylor & Francis, London and New York
111. Walker P., Greenwood DJ. (2002) "*Companion to Risk and Value Management*"
112. Ward J., Le Roy (2000) "*Project Management Terms: A Working Glossary*", Arlington Va: ESI International
113. Womack, J., Jones, D. (1998) "*Lean Thinking*", Touchstone Books, London
114. www.leanconstruction.org (2.10.2011.)
115. Борисов В.В., Круглов В.В., Федулов А.С. (2007) "*Нечеткие модели и сети*", Горячая линия – Телеком (Москва)

116. Половко В.В., Бутусов П.Н., "Matlab для студента". БХВ – Петербург, Санкт - Петербург
117. Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л., (1999) "*Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы*", Wydawnictwo Naukowe Pwn, Poland

9. POPIS I DEŠIFROVANJE OZNAKA I SKRAĆENICA

ACWP	Aktuelni troškovi izvršenih radova (<i>Actual cost of work performed</i>)
BAC	Budžetski troškovi po završetku projekta (<i>Budgeted cost at completion</i>)
BCWP	Budžetski troškovi izvedenih radova (<i>Budgeted cost of worked performed</i>)
BCWS	Budžetski troškovi planiranih radova (<i>Budgeted cost of worked scheduled</i>)
BDP	Bruto društveni proizvod
BNP	Bruto nacionalni proizvod
BOT	"Izgradi-Upravljaj-Prenesi" (<i>Build-Operate-Transfer</i>)
CBS	Troškovna struktura (<i>Cost breakdown structure</i>)
CDF	Kumulativna funkcija gustine (<i>Cumulative density function</i>)
CIOB	<i>The Chartered Institute of Building</i>
CPI	Indeks troškovnih performansi projekta (<i>Cost performance index</i>)
CV	Troškovna varijansa (<i>Cost variance</i>)
D&B	"Projektuj-Izgradi" (<i>Design and Build</i>)
EMV	Očekivana novčana vrednost (<i>Expected monetary value</i>)
EPC	"Projektovanje-Nabavke-Izgradnja" (<i>Engineering-Procurement-Construction</i>)
EPCM	"Projektovanje – Nabavke - Upravljanje izgradnjom" (<i>Engineering – Procurement - Construction management</i>)
EUV	Očekivana vrednost korisnosti (<i>Expected utility value</i>)
EVA	Analiza zarađene vrednosti (<i>Earned value analysis</i>)
FIDIC	"Međunarodna federacija konsalting inženjera" (<i>International Federation of Consulting Engineers</i>)
GMP	"Garantovano najviša cena" (<i>Guaranteed Maximum Price</i>)
IMF	Međunarodni monetarni fond
JIT	Tačno u vreme (<i>Just in time</i>)
NPV	Neto sadašnja vrednost (<i>Net present value</i>)
OBS	Organizaciona struktura (<i>Organisational breakdown structure</i>)
PDF	Funkcija gustine verovatnoće (<i>Probability densiti function</i>)
PF	Faktor izvršenja (<i>Performance factor</i>)
PFI	"Privatna finansijska inicijativa" (<i>Private Finance Initiative</i>)
PPP	"Javno privatno partnerstvo" (<i>Private Public Partnership</i>)

PPC	Ugovor o partnerstvu
PRAM	Analiza i upravljanje projektnim rizikom (<i>Project Risk Analysis and Management</i>)
PVN	Potencijalne izmene (<i>Potential variations</i>)
PZP	Procenat od ukupnih troškova izgradnje
RAMP	Analiza rizika i upravljanje projektnim rizicima (<i>Risk Analysis and Management of Project Risks</i>)
RICS	<i>Royal Institution of Chartered Surveyors</i>
SPI	Indeks vremenskih performansi projekta (<i>Schedule performance index</i>)
SV	Vremenska varijansa (<i>Schedule variance</i>)
TQC	<i>Total quality control</i>
V	Varijansa
WBS	"Radna struktura" (<i>Work breakdown structure</i>)
σ	Standardna devijacija
v	Koeficijent varijacije

10. PRILOZI

10.1 Prilog broj 1

Podaci za trening mreže (procenat angažovanih radnih sati, procenat izvršenja i faktor izvršenja)

% Radni sati - direktni	% Radni sati - indirektni	PROGRES			PF		
		Tehnologija	Građevinski				
0.02	0.26	0.04	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
0.02	0.41	0.04	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
0.02	0.45	0.04	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
0.04	0.55	0.12	0.00	0.01	0.30	0.00	0.25
0.08	0.66	0.15	0.02	0.02	0.30	0.00	0.23
0.09	0.73	0.15	0.02	0.02	0.30	0.00	0.23
0.11	0.99	0.23	0.02	0.06	0.30	0.20	0.51
0.20	1.14	0.44	0.45	0.22	0.30	1.00	1.10
0.33	1.58	0.55	0.63	0.30	0.30	1.00	0.89
0.48	2.13	0.93	0.80	0.41	0.30	1.00	0.86
0.57	2.00	0.95	0.80	0.48	0.30	0.90	0.81
0.64	2.12	1.00	0.81	0.57	0.30	0.80	0.80
0.70	2.19	1.00	0.84	0.65	0.30	0.90	0.86
0.75	2.25	1.00	0.85	0.68	0.30	0.80	0.85
0.76	2.35	1.00	0.85	0.75	0.30	0.80	0.91
0.77	2.34	1.00	0.92	0.84	0.30	0.80	0.93
0.78	2.35	1.00	0.93	0.87	0.30	0.80	0.95
0.81	2.44	1.00	0.99	0.90	0.30	0.90	0.95
0.82	2.50	1.00	0.99	0.92	0.30	0.90	0.95
0.83	2.61	1.00	0.99	0.94	0.30	0.90	0.96
0.84	2.91	1.00	1.00	0.97	0.30	0.90	0.98
0.85	2.96	1.00	1.00	0.99	0.30	0.90	0.98
0.83	1.02	0.88	0.74	0.75	0.77	0.66	1.29
0.84	1.03	0.88	0.74	0.79	0.84	0.61	1.23
0.85	1.05	0.88	0.74	0.80	0.86	0.63	1.23
0.86	1.06	0.88	0.74	0.80	0.86	0.65	1.24
0.86	1.08	0.88	0.74	0.80	0.86	0.68	1.25
0.87	1.09	0.88	0.74	0.80	0.86	0.70	1.26
0.88	1.10	0.88	0.75	0.89	1.19	0.78	1.32
0.90	1.10	0.88	0.75	0.89	1.19	0.83	1.34
0.92	1.11	0.88	0.75	0.89	1.19	0.86	1.37
0.93	1.12	0.89	0.75	0.80	0.87	0.87	1.37
0.93	1.13	0.89	0.75	0.84	0.93	0.68	1.34
0.94	1.15	0.89	0.75	0.84	0.93	0.69	1.33
0.94	1.17	0.89	0.75	0.84	0.93	0.68	1.32
0.94	1.18	0.89	0.75	0.86	0.97	0.66	1.30
0.95	1.19	0.89	1.09	0.86	0.98	1.22	1.15
0.96	1.20	0.92	0.97	0.89	1.53	1.66	1.05
0.97	1.21	0.93	0.97	0.89	1.55	1.65	1.05
0.98	1.22	0.94	0.97	0.90	1.56	1.65	1.05
0.99	1.24	0.94	0.98	0.90	1.56	1.64	1.04
0.99	1.25	0.93	0.98	0.90	1.54	1.64	1.04
1.00	1.26	0.93	0.98	0.90	1.54	1.64	1.03
1.01	1.27	0.93	0.98	0.90	1.54	1.63	1.02
1.02	1.28	0.93	0.98	0.91	1.54	1.63	1.02
1.02	1.30	0.93	0.98	0.91	1.54	1.63	1.02
1.03	1.31	0.95	1.00	0.92	1.58	1.63	1.02
1.03	1.34	0.95	1.00	0.93	1.58	1.62	1.01
1.04	1.34	0.95	1.00	0.93	1.58	1.63	1.01

10. PRILOZI

1.04	1.38	0.95	1.00	0.93	1.58	1.62	1.01
1.04	1.38	0.95	1.00	0.93	1.58	1.62	1.01
1.04	1.40	0.95	1.00	0.93	1.58	1.62	1.01
1.05	1.41	0.96	1.00	0.94	1.60	1.62	1.01
1.05	1.42	0.97	1.00	0.94	1.60	1.62	1.01
0.06	0.19	0.16	0.07	0.05	0.84	0.77	0.85
0.13	0.21	0.18	0.07	0.06	0.54	0.80	0.47
0.14	0.25	0.19	0.08	0.06	0.48	0.84	0.44
0.14	0.31	0.19	0.08	0.06	0.47	0.84	0.43
0.06	0.06	0.06	0.00	0.01			
0.09	0.08	0.17	0.00	0.04			
0.10	0.10	0.49	0.19	0.22	2.18	2.37	3.06
0.13	0.12	0.49	0.19	0.25	2.27	3.10	3.49
0.14	0.14	0.65	0.25	0.32	1.52	2.20	2.21
0.15	0.16	0.69	0.25	0.35	1.64	2.25	2.22
0.18	0.19	0.72	0.25	0.36	1.73	2.25	2.29
0.18	0.20	0.76	0.25	0.41	1.75	2.18	2.25
0.20	0.22	0.77	0.43	0.45	1.75	1.84	2.16
0.22	0.24	0.77	0.43	0.42	2.34	2.27	2.56
0.23	0.26	0.60	0.46	0.43	2.36	2.03	2.50
0.24	0.28	0.60	0.52	0.48	2.34	1.69	2.23
0.25	0.30	0.60	0.52	0.48	2.38	1.77	2.29
0.25	0.32	0.61	0.52	0.50	2.37	1.84	2.29
0.25	0.32	0.61	0.52	0.50	2.41	1.73	2.27
0.25	0.33	0.61	0.52	0.50	2.45	1.73	2.28
0.25	0.33	0.64	0.52	0.50	2.38	1.78	2.30
0.27	0.36	0.69	0.50	0.51	2.52	1.80	2.42
0.28	0.39	0.66	0.50	0.51	2.73	2.01	2.57
0.29	0.40	0.66	0.50	0.51	2.79	2.01	2.59
0.30	0.42	0.67	0.57	0.55	2.88	1.88	2.57
0.31	0.43	0.71	0.65	0.58	2.84	1.81	2.51
0.13	0.28	0.46	0.25	0.19	0.94	2.12	1.35
0.15	0.30	0.68	0.30	0.43	1.32	2.50	2.66
0.19	0.36	0.70	0.34	0.45	1.00	2.37	2.16
0.22	0.41	0.75	0.36	0.48	1.00	2.23	1.94
0.24	0.43	0.76	0.37	0.52	1.00	2.09	1.96
0.26	0.47	0.76	0.38	0.53	1.00	1.94	1.86
0.28	0.49	0.77	0.38	0.55	1.00	1.82	1.80
0.29	0.51	0.77	0.39	0.55	1.00	1.77	1.77
0.30	0.53	0.77	0.40	0.56	1.07	1.73	1.72
0.31	0.55	0.80	0.62	0.63	1.06	1.08	1.63
0.32	0.58	0.83	0.63	0.65	1.08	1.29	1.64
0.34	0.60	0.85	0.74	0.68	1.06	1.12	1.58
0.36	0.63	0.86	0.76	0.70	1.03	1.11	1.57
0.38	0.64	0.87	0.69	0.72	1.03	1.00	1.53
0.41	0.67	0.88	0.75	0.73	0.99	0.93	1.47
0.15	0.30	0.47	0.26	0.20	0.91	2.00	1.30
0.20	0.38	0.72	0.35	0.47	1.00	2.33	2.05
0.17	0.33	0.68	0.27	0.43	1.28	1.95	2.22
0.19	0.30	0.62	0.32	0.23	1.05	1.87	1.08
0.22	0.32	0.72	0.40	0.35	1.12	1.74	1.17
0.22	0.32	0.62	0.32	0.24	0.99	1.79	1.00

10. PRILOZI

0.23	0.34	0.72	0.33	0.33	1.06	1.77	1.09
0.26	0.37	0.73	0.42	0.36	1.00	1.63	1.01
0.29	0.39	0.74	0.43	0.40	0.92	1.48	1.00
0.32	0.41	0.77	0.44	0.41	0.89	1.36	0.95
0.35	0.44	0.78	0.45	0.43	0.85	1.30	0.93
0.38	0.47	0.79	0.47	0.45	0.82	1.29	0.90
0.40	0.49	0.80	0.47	0.46	0.82	1.23	0.87
0.42	0.50	0.81	0.48	0.47	0.82	1.14	0.84
0.45	0.52	0.81	0.48	0.48	0.81	1.04	0.82
0.47	0.53	0.83	0.59	0.53	0.77	0.79	0.86
0.50	0.55	0.84	0.69	0.57	0.74	0.74	0.86
0.52	0.57	0.86	0.69	0.59	0.75	0.79	0.86
0.55	0.60	0.86	0.72	0.61	0.74	0.78	0.84
0.58	0.63	0.87	0.70	0.64	0.72	0.77	0.83
0.61	0.66	0.89	0.78	0.66	0.72	0.80	0.83
0.11	0.11	0.08	0.03	0.03	9.15	16.30	14.59
0.13	0.15	0.08	0.10	0.04	11.40	4.66	10.72
0.15	0.18	0.19	0.10	0.07	5.86	4.83	7.87
0.17	0.21	0.19	0.10	0.09	6.68	5.57	6.83
0.19	0.22	0.32	0.10	0.12	4.74	5.69	5.83
0.22	0.24	0.48	0.10	0.16	4.09	5.86	4.89
0.26	0.27	0.60	0.10	0.19	3.80	5.98	4.84
0.27	0.30	0.72	0.15	0.28	3.32	4.03	3.56
0.32	0.33	0.75	0.20	0.30	3.47	3.06	3.83
0.35	0.35	0.75	0.21	0.37	1.70	2.24	2.19
0.38	0.38	0.76	0.22	0.38	1.86	2.25	2.33
0.40	0.41	0.79	0.22	0.39	1.89	2.25	2.38
0.42	0.43	0.71	0.22	0.41	1.63	2.25	2.17
0.46	0.46	0.71	0.22	0.52	1.66	2.07	1.93
0.50	0.50	0.79	0.33	0.55	1.67	2.58	1.97
0.54	0.54	0.84	0.53	0.61	1.46	3.25	1.92
0.59	0.59	0.75	0.70	0.61	1.68	2.54	2.06
0.64	0.63	0.88	0.77	0.70	1.67	2.43	2.07
0.68	0.67	0.89	0.80	0.76	1.71	2.39	2.02
0.75	0.72	0.88	0.93	0.82	1.79	2.06	2.03
0.78	0.77	0.88	0.93	0.84	1.82	2.06	2.06
0.79	0.82	0.94	0.93	0.86	1.76	2.06	2.04
0.81	0.84	0.95	0.93	0.86	1.77	2.07	2.07
0.86	0.88	0.97	0.97	0.86	1.82	2.02	2.14
0.91	0.93	0.98	0.98	0.95	1.88	2.11	2.11
0.92	0.97	1.00	1.00	0.99	1.88	2.06	2.05
0.93	1.00	1.00	1.00	0.99	1.89	2.06	2.05
0.94	1.03	1.00	1.00	1.00	1.90	2.06	2.06
0.95	1.05	1.00	1.00	1.00	1.91	2.06	2.09
0.95	1.08	1.00	1.00	1.00	1.92	2.06	2.10
0.04	0.12	0.15	0.00	0.06	0.56		0.84
0.12	0.19	0.29	0.00	0.10	0.99		1.81
0.13	0.23	0.30	0.00	0.11	1.07		1.88
0.24	0.32	0.46	0.00	0.16	1.67		2.43
0.31	0.36	0.47	0.00	0.16	2.03		3.15
0.38	0.40	0.51	0.00	0.17	2.26		3.51
0.43	0.45	0.69	0.00	0.24	1.83		2.94

10. PRILOZI

0.43	0.49	0.73	0.00	0.25	1.74		2.83
0.45	0.54	0.73	0.00	0.25	1.75		2.91
0.48	0.60	0.76	0.00	0.25	1.71		2.82
0.48	0.67	0.78	0.00	0.27	1.68		2.81
0.49	0.70	0.79	0.00	0.28	1.68		2.79
0.50	0.75	0.79	0.00	0.28	1.69		2.81
0.50	0.76	0.79	0.00	0.28	1.69		2.81
0.50	0.76	0.79	0.00	0.28	1.69		2.83
0.50	0.79	0.79	0.00	0.28	1.69		2.83
0.50	0.80	0.82	0.00	0.29	1.67		2.78
0.50	0.82	0.82	0.00	0.29	1.67		2.78
0.50	0.83	0.82	0.00	0.29	1.67		2.78
0.17	0.28	0.31	0.00	0.11	1.67		2.50
0.09	0.15	0.28	0.00	0.10	0.68		1.42
0.48	0.64	0.78	0.00	0.27	1.68		2.78
1.48	0.81	0.93	1.00	0.99	2.54	1.03	1.63
1.48	0.81	0.94	1.00	0.99	2.51	1.03	1.63
1.48	0.81	0.94	1.00	0.99	2.51	1.03	1.63
1.50	0.81	0.96	1.00	0.99	2.55	1.03	1.64
1.52	0.81	0.96	1.00	0.99	2.67	1.03	1.66
1.54	0.81	0.97	1.00	0.99	2.80	1.03	1.69
0.60	0.37	0.86	0.69	0.65	0.33	1.46	0.89
0.68	0.41	0.88	0.69	0.71	0.32	1.77	0.95
0.81	0.46	0.88	0.69	0.74	0.37	2.38	1.09
0.90	0.51	0.91	0.74	0.79	0.43	1.63	1.05
1.00	0.58	0.91	0.75	0.81	0.43	1.88	1.12
1.06	0.65	0.91	0.81	0.83	0.49	1.93	1.18
1.10	0.68	0.98	0.81	0.85	0.51	1.96	1.19
1.15	0.72	0.98	0.96	0.89	0.52	1.72	1.18
1.24	0.80	0.98	0.99	0.94	0.56	1.77	1.21
1.26	0.83	1.00	1.00	0.99	0.56	1.79	1.18
1.28	0.86	1.00	1.00	0.99	0.56	1.81	1.19
1.33	0.88	1.00	1.00	0.99	0.57	1.89	1.23
1.01	1.01	0.93	1.00	0.91	0.94	1.42	1.41
1.06	1.05	0.93	1.00	0.91	0.98	1.42	1.47
1.08	1.09	0.93	1.00	0.91	0.92	1.42	1.58
1.09	1.13	0.99	1.00	0.96	0.95	1.42	1.58
1.10	1.15	0.99	1.00	0.98	0.95	1.42	1.55
1.09	1.31	0.99	0.86	0.76	1.00	0.60	0.76
0.07	0.06	0.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.02
0.52	0.62	0.55	0.29	0.37	1.15	0.83	0.78
0.85	0.93	0.86	0.89	0.70	0.80	0.77	0.84
0.43	0.53	0.71	0.65	0.58	2.84	1.81	2.51
0.16	0.30	0.35	0.12	0.13	0.95	0.63	0.75
0.72	0.75	0.81	0.88	0.66	0.93	0.79	0.92
0.80	0.93	0.67	0.93	0.79	0.44	0.86	0.74
0.38	0.48	0.58	0.66	0.45	1.64	0.98	1.26
0.33	0.61	0.58	0.37	0.40	0.94	0.66	1.24
1.03	0.96	1.00	0.99	0.99	0.88	0.77	0.76
0.89	1.09	0.99	0.86	0.76	1.00	0.90	0.97
0.84	1.06	0.99	0.86	0.76	1.00	0.90	0.97
0.14	0.26	0.29	0.13	0.12	0.80	0.68	0.76

10. PRILOZI

0.31	0.59	0.58	0.35	0.40	1.02	0.68	1.29
0.77	0.90	0.67	0.89	0.77	0.44	0.86	0.75
0.79	1.07	0.99	0.86	0.76	1.10	0.90	1.01
0.29	0.58	0.49	0.35	0.38	0.79	0.72	1.29
0.76	0.89	0.67	0.86	0.75	0.44	0.86	0.74
0.76	1.04	0.99	0.86	0.76	1.10	0.90	1.05
0.28	0.55	0.49	0.34	0.38	0.82	0.74	1.34
0.74	0.85	0.67	0.86	0.73	0.44	0.86	0.74
0.73	1.00	0.99	0.86	0.76	1.10	0.90	1.09
0.27	0.52	0.49	0.30	0.36	0.82	0.73	1.35
0.72	0.81	0.67	0.84	0.71	0.44	0.84	0.74
0.89	0.60	0.79	0.58	0.53	1.13	1.46	1.52
0.14	0.15	0.17	0.11	0.14	0.82	1.00	1.01
0.48	0.34	0.54	0.41	0.31	1.04	1.75	1.60
0.39	0.28	0.43	0.40	0.28	1.17	1.69	1.09
0.12	0.10	0.10	0.09	0.12	0.97	0.99	1.05
0.32	0.24	0.41	0.36	0.22	1.20	1.62	1.07
0.98	1.17	1.00	1.00	1.00	2.69	2.48	1.91
0.23	0.19	0.39	0.33	0.18	1.17	1.28	0.86
0.05	0.04	0.11	0.10	0.04	0.58	1.16	1.12
1.22	2.03	0.99	1.00	1.00	2.70	2.19	1.84
1.21	1.97	0.98	0.96	0.99	2.66	2.29	1.83
1.20	1.91	0.98	0.94	0.99	2.62	2.32	1.82
1.14	1.00	0.65	1.00	0.77	0.79	1.42	1.49
0.29	0.30	0.40	0.38	0.27	0.77	1.22	1.04
0.26	0.26	0.35	0.32	0.25	0.73	1.21	1.02
0.82	0.54	0.77	0.55	0.49	1.13	1.58	1.52
0.98	1.16	0.99	1.00	1.00	2.69	2.48	1.90
0.30	0.34	0.49	0.05	0.15	1.42	7.20	2.30
0.44	0.47	0.73	0.34	0.31	1.53	2.03	1.89
0.47	0.54	0.73	0.34	0.32	1.58	2.13	1.98
0.54	0.63	0.21	0.34	0.20	5.73	2.39	3.70
0.41	0.44	0.71	0.25	0.28	1.44	2.03	1.81
0.47	0.53	0.73	0.34	0.32	1.58	2.13	1.98
0.52	0.61	0.21	0.34	0.19	6.49	2.32	3.70
0.39	0.41	0.71	0.25	0.28	1.42	2.47	1.91
0.46	0.53	0.73	0.34	0.31	1.58	2.07	1.95
0.63	0.75	0.70	0.40	0.34	2.31	2.30	2.45
0.92	0.97	1.00	0.99	0.92	2.30	2.95	2.01
0.80	0.87	0.92	0.58	0.63	2.22	3.27	2.40
0.62	0.71	0.88	0.42	0.43	2.38	2.55	2.38
0.80	0.82	0.97	0.79	0.74	2.29	3.59	2.14
0.61	0.72	0.70	0.40	0.33	2.32	2.25	2.46
0.90	0.93	1.00	0.92	0.90	2.30	3.07	2.01
0.76	0.83	0.92	0.57	0.57	2.15	3.27	2.35
0.58	0.67	0.87	0.42	0.41	2.32	2.41	2.40
1.71	1.41	1.00	0.91	0.81	2.29	3.08	2.10
0.93	1.01	1.00	1.00	0.95	2.32	2.94	1.97
0.54	0.62	0.81	0.41	0.39	2.36	2.42	2.40
0.49	0.56	0.73	0.34	0.32	1.61	2.29	2.07
0.42	0.52	0.71	0.65	0.58	2.84	1.81	2.51
0.71	0.73	0.81	0.88	0.66	0.93	0.79	0.98

10. PRILOZI

0.70	0.71	0.80	0.88	0.64	0.95	0.79	0.98
0.14	0.25	0.26	0.13	0.11	0.83	0.79	0.82
0.12	0.20	0.13	0.10	0.09	0.43	0.75	0.69
0.67	0.68	0.81	0.86	0.63	1.01	0.77	0.98
0.33	0.41	0.53	0.61	0.39	2.03	0.95	1.26
0.10	0.18	0.10	0.05	0.07	0.33	0.80	0.62
0.66	0.65	0.82	0.89	0.66	1.05	0.82	0.98
0.31	0.38	0.54	0.57	0.41	2.33	0.93	1.43
0.27	0.52	0.49	0.30	0.36	0.82	0.73	1.35
0.27	0.29	0.35	0.26	0.18	0.52	0.72	0.40
0.25	0.26	0.26	0.18	0.13	0.44	0.53	0.33

10.2 Prilog broj 2

(Program u programskom jeziku *Matlab* koji je korišćen za obučavanje neuralnih mreža)

```
echo off
clear all;

inp=csvread ('podaciobuka20.csv');
%   inp(any(isnan(inp)'), :) = [];

    p1=inp(:,1:10);
    t1=inp(:,11:12);
    p1=p1.';
    t1=t1.';

%-----

    % Normalize the inputs and targets so that they have
zero mean and % unity variance.
    [pn1,meanp1,stdp1,tn1,meant1,stdt1] = prestd(p1,t1);

    % Perform a principal component analysis and remove
those % components which account for less than 0.1% of the
variation.
    [ptrans1,transMat1] = prepca(pn1,0.001);

%-----

    pn=ptrans1;
    tn=tn1;

    [R,Q] = size(pn);

    iitst = 2:4:Q;
    iival = 4:4:Q;
    %iitr = [2:4:Q 3:4:Q];
    iitr = [1:Q];
    validation.P = pn(:,iival);
    validation.T = tn(:,iival);
    testing.P = pn(:,iitst);
    testing.T = tn(:,iitst);
```

```

ptr = pn(:,iitr);
ttr = tn(:,iitr);

% train method 1- MODIFIED PERFORMANCE FUNCTION
net = newff(minmax(ptr),[10 2],{'tansig' 'purelin'},
'trainbfg');
net.performFcn = 'msereg';
net.performParam.ratio = 0.5;
net.trainParam.show = 1;
net.trainParam.epochs = 150;
net.trainParam.lr = 0.001;
net.trainParam.goal = 0.01;

[net,tr]=train(net,ptr,ttr,[],[],validation,testing);

subplot(2,1,1);

plot(tr.epoch,tr.perf,'r',tr.epoch,tr.vperf,':g',tr.epoch,tr.tper
rf,'-.b')
legend('Training','Validation','Test',-1);
ylabel('Squared Error')

% Simulate the trained network.
% an = sim(net,pn);
% a = poststd(an,meant1,stdt1);
% [m,b,r] = postreg(a,t1);

%pokusaj simulacije

inp=csvread ('podaciproba20.csv');
pp1=inp(:,1:10);
tpp1=inp(:,11:12);
pp1=pp1';
pnewn1=trastd(pp1,meanp1,stdp1);
pnewn =trapca(pnewn1,transMat1); %Dodatak za korelaciju
anewn = sim(net,pnewn);
amin1 = poststd(anewn,meant1,stdt1);

```

```
%amin2 = m*amin1+b;  
amin1 = amin1';  
% amin2 = amin2';  
% [tpp1,amin1,amin2]  
[tpp1,amin1]
```

11. BIOGRAFIJA AUTORA

Mr Simo V. Sudić, dipl.građ.inž. je rođen 21.07.1974. godine u Beogradu, gde je završio osnovnu školu "Petar Petrović Njegoš" i Prvu beogradsku gimnaziju. Na Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu upisao se 1993/1994. godine, položio sve propisane ispite na odseku za planiranje i građenje naselja i odbranio diplomski rad iz predmeta Menadžment, tehnologija i informatika u građevinarstvu 2001. godine.

Stručni ispit položio je 2003. godine uradivši projekat organizacije i tehnologije građenja za poslovno-stambeni objekat u Rakovici – Beograd.

Na poslediplomske studije Građevinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu, Odsek za menadžment, tehnologiju i informatiku u građevinarstvu upisao se školske 2001/2002. Odslušao je sve nastavnim planom Fakulteta predviđene predmete i položio sve predviđene ispite i dana 13.11.2006. godine na Građevinskom fakultetu u Beogradu odbranio je magistarsku tezu pod naslovom "Modeli organizacionih struktura malih i srednjih građevinskih preduzeća" čime je stekao akademsku titulu Magistra tehničkih nauka.

Doktorsku disertaciju pod naslovom "Optimalni modeli za planiranje i kontrolu troškova na velikim građevinskim projektima" prijavio je 2007. godine.

Od septembra 2001. do juna 2003. zaposlen je u preduzeću "Energoprojekt – Entel", u Beogradu i Muskat -Oman, na poslovima projektovanja i nadzora nad izgradnjom elektro-energetskih objekata.

Od juna 2003. do oktobra 2004. radio je u preduzeću "Gemax" – Beograd u službi tehničke pripreme i učestvovao u izgradnji modernog poslovnog centra u Beogradu.

Od oktobra 2004. do maja 2006. godine radio je u kompaniji "PSP-Farman" u Moskvi, u službi tehničke pripreme i projektnom birou, kao projektantski nadzor i na izradi ponuda za više velikih proizvodnih, stambenih i komercijalnih objekata.

Od maja 2006. do maja 2007. radio je u kompaniji "WorleyParsons" na planiranju realizacije velikog naftnog postrojenja sa svim pratećim objektima u Rusiji, i na velikom projektu proširenja eksploatacije gasa i prerade sumpora u Kazahstanu, u odeljenju za kontrolu projekata kao inženjer za plan.

Od maja 2007. do marta 2009. godine radio je u konsultantskom preduzeću "Mace International Ltd" na projektima u Rusiji i Crnoj Gori.

Tranutno je zaposlen na Visokoj građevinsko-geodetskoj školi u Beogradu na poslovima predavača. Samostalno je objavio više od 10 radova koji su saopšteni na domaćim i međunarodnim konferencijama i štampani u zbornicima radova sa tih konferencija.

Član je Inženjerske komore Srbije i *Royal Institution of Chartered Surveyors* (RICS) od 2008. godine.

Govori i piše na engleskom i ruskom jeziku i služi se nemačkim jezikom.

Oženjen je, otac jednog deteta. Živi i radi u Beogradu.

Прилог 1.

Изјава о ауторству

Потписани-а Симо Суђић
број индекса 270/07

Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом

ОПТИМАЛНИ МОДЕЛИ ЗА ПЛАНИРАЊЕ И УПРАВЉАЊЕ
ТРОШКОВИМА РЕАЛИЗАЦИЈЕ ГРАЂЕВИНСКИХ ПРОЈЕКТА

- резултат сопственог истраживачког рада,
- да предложена дисертација у целини ни у деловима није била предложена за добијање било које дипломе према студијским програмима других високошколских установа,
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио интелектуалну својину других лица.

Потпис докторанда

У Београду, 12.07.2012.

Симо Суђић

Прилог 2.

Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада

Име и презиме аутора Симо Суџић

Број индекса 270/07

Студијски програм Грађевинарство

Наслов рада Оптимални модели за планирање и управљање проценом

Ментор проф др Бранислав Ивковић РЕМИСТУЦИЈЕ ГРМ. ПРОЈЕКТА

Потписани/а Симо Суџић

Изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла за објављивање на порталу Дигиталног репозиторијума Универзитета у Београду.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског звања доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

Потпис докторанда

У Београду, 12.07.2012.

Симо Суџић

Прилог 3.

Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

ОПТИМАЛНИ МОДЕЛИ ЗА ПЛАНИРАЊЕ И УПРАВЉАЊЕ
ТРОШКОВИМА РЕАЛИЗАЦИЈЕ ГРАЂЕВИНСКИХ ПРОЈЕКТА

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

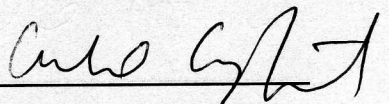
Моју докторску дисертацију похрањену у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство
2. Ауторство - некомерцијално
3. Ауторство – некомерцијално – без прераде
4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима
5. Ауторство – без прераде
6. Ауторство – делити под истим условима

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци, кратак опис лиценци дат је на полеђини листа).

Потпис докторанда

У Београду, 12.07.2012.



1. Ауторство - Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце, чак и у комерцијалне сврхе. Ово је најслободнија од свих лиценци.

2. Ауторство – некомерцијално. Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела.

3. Ауторство - некомерцијално – без прераде. Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела. У односу на све остале лиценце, овом лиценцом се ограничава највећи обим права коришћења дела.

4. Ауторство - некомерцијално – делити под истим условима. Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада.

5. Ауторство – без прераде. Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела.

6. Ауторство - делити под истим условима. Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада. Слична је софтверским лиценцама, односно лиценцама отвореног кода.