

Univerza
v Ljubljani
Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*

*Janova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si*



Univerzitetni program Gradbeništvo,
Konstrukcijska smer

Kandidat:

Klemen Prebevšek

Ocenjevanje stroškov gradbenih del v zgodnjih fazah gradbenega projekta

Diplomska naloga št.: 4000

Mentor:
izr. prof. dr. Jana Šelih

Ljubljana, 22. 1. 2010

Stran z napako Vrstica z napako namesto naj bo

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani Klemen Prebevšek izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom:
OCENJEVANJE STROŠKOV GRADBENIH DEL V ZGODNJIH FAZAH GRADBENEGA PROJEKTA.

Izjavljam, da prenašam vse materialne avtorske pravice v zvezi z diplomsko nalogo na UL,
Fakulteto za gradbeništvo in geodezijo.

Ljubljana, 12.1.2009

(podpis)

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

- UDK:** 65.012:69.003(043.2)
- Avtor:** Klemen Prebevšek
- Mentorica:** Doc. dr. Jana Šelih
- Naslov:** OCENJEVANJE STROŠKOV GRADBENIH DEL V ZGODNJIH FAZAH GRADBENEGA PROJEKTA
- Obseg in oprema:** 70 strani, 19 preglednic, 5 slik, 45 enačb, 9 prilog
- Ključne besede:** neodvisne spremenljivke, baza podatkov, investitor, izvajalec, linearna regresija, nevronska mreža, stroški, primerjalna analiza

Izvleček

Gradbenikom se pogosto očita, da se ne držijo finančnih planov in se končna cena ob koncu projekta vedno poviša, zato me je zanimalo, kateri so dejavniki, ki k temu največ prispevajo in identifikacija metod, s katerimi bi se dalo določiti natančno končno ceno. Bližje kot smo koncu projekta, bolj natančno lahko določimo končno ceno. Cilj moje diplomske naloge je, da primerjam metode, ki določujejo stroške v začetnih fazah projekta, ko marsikateri parameter ni še jasno določen. Ker v Sloveniji takšnih metod ne poznamo in nimamo na razpolago ustreznih podatkov, bom poskusil ugotoviti, katera metoda bi bila najbolj primerna za slovenske razmere.

Začetni del moje diplomske naloge predstavlja probleme določevanja cene v začetnih fazah gradbenih projektov. V njem predstavljam različne študije tujih strokovnjakov in njihove ugotovitve komentiram. Posebej se bom posvetil študiji Christiana Stoy-a in njegovih sodelavcev, ki so na podlagi empiričnih podatkov razvili preprost model za določitev cene. Formula je prilagojena nemškemu trgu in je omejena na stanovanjske objekte. V nadaljevanju uporabim model Stoy-a na dveh slovenskih primerih. Zaradi razlike v cenah med dvema trgoma se pojavijo razlike. Končni sklep je ta, da za boljšo prilagoditev modela našemu trgu bi potreboval veliko večjo bazo podatkov.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDC: 65.012:69.003(043.2)

Author: Klemen Prebevšek

Supervisor: Assist. Prof. Jana Šelih, Ph. D. C. E.

Title: EARLY STAGE ESTIMATION OF CONSTRUCTION
PROJECT COSTS

Volume and appendices: 70 pages, 19 tabels, 5 figures, 45 equations, 9 annexes

Key words: independent variables, database, investor, executant, linear
regression, neural network, costs, comparing analysis

Abstract:

Civil engineers are often accused of not respecting the financial plans which consequently means that the final costs of the project are exceeded. Therefore, I was interested in factors that contribute most to this phenomenon and in identification of methods to determine the exact final total price. The closer we are to the project completion, the more accurate the final overall price can be determined. The goal of my thesis is to compare different methods for the determination of costs in early stages of the construction project, where several parameters are not yet determined. As these methods are not yet established in Slovenia, and there are no Slovenian data available, I will try to determine which method is most suitable for Slovenian conditions.

The first part of the thesis presents various problems related to total construction project cost determination in the early stages of the project. Several studies carried out by researchers from different countries are presented and discussed. Special attention is devoted to the method proposed by C. Stoy and co-authors who have proposed, on the basis of a set of empirical data, an empirical model for the determination of total cost in the early stage of the construction project. The model is limited to residential buildings. Further, the applicability of the model is tested for two Slovenian cases. Since the coefficients embedded in the model are determined on the basis of German data, the results for Slovenian case studies show certain discrepancies. It can be concluded that a larger number of empirical data should be gathered in order to adapt the model to Slovenian construction market conditions.

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorici doc. dr. Jani Šelih za strokovno pomoč in usmerjanje pri izdelavi diplomske naloge.

Zahvala gre tudi moji družini, ki me je podpirala tekom celotnega študija in podjetju MAKRO 5 Gradnje, ki me je dodatno finančno podprlo in priskrbelo potrebno dokumentacijo za primerjalno analizo v tej diplomski nalogi.

Kazalo

KAZALO GRAFIKONOV	IX
KAZALO PREGLEDNIC	X
KAZALO SLIK	XII
Okrajšave in simboli.....	XIII
1. UVOD	1
1.1 Predstavitev problema	1
1.2 Namen diplomske naloge	2
2. FAZE GRADBENEGA PROJEKTA.....	4
3. METODE ZA DOLOČITEV STROŠKOV V ZGODNJIH FAZAH GRADBENEGA PROJEKTA.....	7
3.1 Splošno.....	7
3.2 Opis metod	8
3.2.1 Linearna regresija	8
3.2.2 Nevronska mreža	11
3.2.3 Case-based reasoning (CBR)	12
4. PREGLED LITERATURE	16
4.1 Primerjava nekaterih metod ocenjevanja stroškov gradbenih del v zgodnjih fazah gradbenega projekta	18
4.2 Predstavitev rezultatov obravnavanih modelov	33
5. PREDSTAVITEV MODELA STOY.....	38
5.1 Vpliv spremenljivk na obnašanje modela	43
5.1.1 Kompaktnost objekta	43
5.1.2 Število dvigal	44
5.1.3 Velikost objekta	45
5.1.4 Čas gradnje	47
5.1.5 Deleži odprtín.....	48
5.1.6 Faktor regije.....	50
6. UPORABA MODELA STOY	52
6.1 Predstavitev projektov in izračun spremenljivk	52
6.1.1 Objekt A	52
6.1.2 Objekt B	59

7. ZAKLJUČEK	65
7.1 Splošne ugotovitve	65
7.2 Ugotovitve povezane z modelom Stoy	66
VIRI	68

PRILOGE:

Priloga A: Tloris temeljev objekta A

Priloga B: Tloris 1. nadstropja objekta A

Priloga C: Prerez skozi stopnice B-B objekta A

Priloga D: Vzdolžni prerez C-C objekta A

Priloga E: Vzhodna in zahodna fasada objekta B

Priloga F: Severna in južna fasada objekta B

Priloga G: Prerez B-B objekta B

Priloga H: Tloris 1. nadstropja objekta B

Priloga I: Tloris podstrešja objekta B

KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Življenjski cikel projekta	5
Grafikon 2: Delovanje metode CBR	13
Grafikon 3: Hierarhična razdelitev soočanja s problemom	23
Grafikon 4: Odvisnost končne cene stanovanjskega objekta na enoto površine od skupne tlorisne površine	33

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Glavne značilnosti predlaganih modelov	19
Preglednica 2: Vrednosti uteži pri vsaki metodi	24
Preglednica 3: Razvrstitev spremenljivk po velikosti vpliva na ceno objekta glede na lastnosti investitorja	28
Preglednica 4: Razvrstitev spremenljivk po velikosti vpliva na ceno objekta glede na parametre, ki so povezani s svetovalci in projektanti	29
Preglednica 5: Razvrstitev spremenljivk po velikosti vpliva na ceno objekta glede na lastnosti izvajalca	29
Preglednica 6: Razvrstitev spremenljivk po velikosti vpliva na ceno objekta glede na specifične lastnosti projekta	30
Preglednica 7: Razvrstitev spremenljivk glede na metode dela in način pridobivanja surovin izvajalca	30
Preglednica 8: Razvrstitev spremenljivk glede na zunanje faktorje in razmere na tržišču ...	31
Preglednica 9: Rezultati modela linearne regresije	36
Preglednica 10: Rezultati modela nevronske mreže	36
Preglednica 11: Določitev cene gradbenega projekta	38
Preglednica 12: Študije, ki so pomagale Stoy-u in sodelavcem pri izdelavi modela	39
Preglednica 13: Rezultati petih testnih projektov	41
Preglednica 14: Vrstni red pomembnosti spremenljivk uporabljenih v modelu	42
Preglednica 15: Sestava površin zunanjih zidov objekta A	54
Preglednica 16: Bruto tlorisna površina objekta A	54

Preglednica 17: Iterativni postopek iskanja napake manjše od 10%	58
Preglednica 18: Sestava površine zunanjih zidov objekta B	61
Preglednica 19: Bruto tlorisna površina objekta B	61

KAZALO SLIK

Slika 1: a) Enostavna nevronska mreža in b) Komplicirana nevronska mreža	11
Slika 2: a) Stavba z nizkim kompaktnostnim faktorjem in b) Stavba z visokim kompaktnostnim faktorjem	44
Slika 3: Stranski pogled na objekt A	53
Slika 4: Pogled novega dela objekta B	59
Slika 5: Pogled starega dela objekta B	60

Okrajšave in simboli

AHP	Analytic Hierarchy Process
BCIS	Building Cost Information Service
BKI	Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern
BMBS	turška kratica za Inforacijski Sistem za Stroške Izgradnje
CBR	case-based reasoning
CSWP	Cost Significant Work Packages
EW	Equal Weigh
GDM	Gradient Descent Method
LR	Linerna Regresija
QS	Quantity Surveyor
SI	Severity Index

1. UVOD

1.1 Predstavitev problema

Uspešnost gradbenega projekta je v precejšnji meri odvisna od natančnosti ocene časa gradnje, stroškov celotnega projekta in potrebe po vzdrževanju objekta. Dobra zgodnja ocena časa gradnje in pripadajočih stroškov sta zelo pomembni, saj se na podlagi teh dveh dejavnikov lahko investitor odloči, ali bo s projektom nadaljeval. Večina podjetij se tu sooči s problemom, saj se ta parametra redko določi z zadovoljivo natančnostjo. V svetu je bilo razvitih že nekaj metod, ki so namenjene zgodnji oceni stroškov in časa gradnje, vendar vse imajo pomanjkljivosti, ki preprečujejo njihovo splošno uporabo med podjetji.

Raziskave so pokazale, da v Nemčiji in ZDA se začetne ocene stroškov razlikujejo od dejansko nastalih končnih stroškov za približno 30%, kar vsekakor ne more zadovoljiti investitorja. Zato je potrebno na področju izdelave modelov za oceno stroškov gradbenega objekta raziskovalno delo nadaljevati. V diplomski nalogi želim predstaviti nekatere obstoječe modele. Še zlasti želim obravnavati in preveriti uporabnost modela, ki ga predlaga skupina raziskovalcev iz Univerze Harvard in ETH (Stoy, Saphiro, Schalcher). Osnovno izhodišče tega modela je, da so stroški projekta bolj ali manj konstantni, glede na lastnosti objekta in zahteve ter omejitve, ki jih poda naročnik. Natančnost ocenjenih stroškov je običajno majhna, saj se z razvojem projekta zahteve spreminjajo in parametri, ki so bili upoštevani pri začetni oceni, se lahko tekom projekta radikalno spremenijo. Čas, ki je potekel od začetne ocene, do dneva, ko se je plačal zadnji račun, se meri pri večjih projektih v letih. Kljub vsem pričakovanim in nepričakovanim spremembam, ki jih je realno pričakovati med potekom vsakega gradbenega projekta, investitor v fazi inicializacije projekta zahteva neko oceno, na kateri bo temeljila njegova odločitev, ali projekt speljati ali ga opustiti.

Različne analize, ki so jih raziskovalci izvedli, so obravnavale različne vrste gradbenih objektov in različne velikosti vzorcev. Pri vseh analizah se poraja vprašanje, koliko parametrov dejansko potrebujemo za točno analizo in koliko vsak izmed njih prispeva k spremembi cene.

V svojem delu se bom osredotočil na stanovanjske objekte, na katere so se osredotočili Stoy, Pollalis in Schalcher (2008). Za ocenjevanje stroškov so le-ti uporabili enostavni regresivni model, ki nam kaže medsebojno odvisnost izbranih parametrov in nihanje cene pri spreminjanju le-teh. Model so na koncu preverili na določenemu vzorcu in naredili temeljito analizo odstopanj od začetne predpostavljene vrednosti v smislu velikosti odstopanj ter pripadajočih vzrokov.

Analiza prej omenjenih avtorjev je bila izvršena na podlagi nemških standardov in vsi podatki, ki so bili uporabljeni, izvirajo iz nemškega gradbenega trga, zato jih ne moremo neposredno uporabiti v slovenskih razmerah. Cilj naloge je, da model uporabim na omejenem številu objektov, ter primerjam dobljene rezultate z razpoložljivimi podatki iz literature. Zaradi boljše razlage uporabljene metode bo potreben tudi kratek vpogled in razlaga ustreznih nemških standardov, na katerih temelji določitev ključnih parametrov.

To dejstvo bo potrebno upoštevati pri vseh mojih analizah. Zavedati se moram, da za boljšo primerjavo bi potreboval velik vzorec iz slovenskega trga, ki bi zajemal vse slovenske regije.

1.2 Namen diplomske naloge

Odstopanja v ceni, zamude pri izvajanju del in posledična odstopanja od terminskega plana sta dva problema, ki sta že stalnica v gradbeništvo. V zadnjem času lahko v Sloveniji opazimo več medijsko odmevnih primerov, kjer je prišlo do drastične razlike med končno in začetno ceno objekta. Razlogi za takšne podražitve sicer niso predmet diplomske naloge, vendar me je spodbudilo k razmišljanju, kako oceniti ceno objekta, ko imaš na mizi le idejno zasnovo in kratek spisec ter opis zahtev za objekt.

Prvo informativno ceno stroškov dobi investitor na podlagi projektantskega popisa del in predračuna. Problem je v tem, da je v tem trenutku potencialni investitor v projekt vložil že precejšen znesek (plačilo preliminarnega projektiranja) samo za to, da je izvedel oceno stroškov, na podlagi katere se lahko odloči, da z investicijo ne bo nadaljeval. Moja diplomska naloga bo predstavila možno rešitev, ki bo zmanjšala začetni čas in finančni vložek, ki ju je potrebno vložiti v določevanje ocene stroškov. Pri tem se je potrebno zavedati, da temelji stopnja zanesljivosti te ocene na večih dejavnikih. Razpoložljive študije pa vendarle kažejo,

da je lahko napaka ocene glede na dejansko ceno objekta manjša od 10%, kar je lahko pomemben podatek za vse udeležence, ki sodelujejo v projektu.

Diplomska naloga je razdeljena na štiri dele:

- predstavitev metod, ki jih uporabljajo raziskovalci pri določitvi modela za določanje stroškov objekta v zgodnjih fazah;
- primerjalna analiza med različnimi študijami
- podrobna analiza modela, ki ga je razvil Stoy, in kratek opis nemških DIN standardov, ki so v povezavi s to metodo; in
- uporaba modela, ki ga je razvil Stoy, na dveh primerih iz slovenskega prostora in kritična presoja rezultatov.

Glavni cilj moje diplomske naloge je torej analiza in kritična presoja metode, ki so jo razvili Stoy, Pollalis in Schalcher (2008). Izvršena analiza lahko predstavlja dobro podlago, za prilagoditev modela razmeram, ki vladajo na slovenskem tržišču. Dokončna prilagoditev empirične enačbe, ki jo predlagajo omenjeni avtorji, zahteva pridobitev podatkov iz velikega števila slovenskih projektov in presega obseg diplomske naloge.

Diplomsko delo torej želi določiti:

- vplivne dejavnike, ki največ pripomorejo k določitvi končne cene objekta;
- prispevek posameznega dejavnika k končni ceni;
- razlike med različnimi analizami, ki so bile izvedene do tega trenutka;
- uporabnost Stoyevega modela na primerih iz slovenske prakse;
- kje in zakaj prihaja do razlik ter na kakšen način bi bilo mogoče popraviti.

Opozoriti je treba, da je bil model, ki ga bom preverjal, izdelan na analizi večjega števila primerov novogradnje in ne sanacije. Objekti, ki so potrebni sanacije, se razlikujejo med seboj glede na obseg potrebnih popravil in na informacije, ki so na voljo izvajalcu. Pozorni moramo biti tudi na to, da je objekt namenjen isti dejavnosti. Tako na primer ne moremo primerjati analiz, ki so obravnavale industrijske objekte in tistih, ki so se ukvarjale s stanovanjskimi objekti, saj se vplivni dejavniki med seboj razlikujejo, kar vodi k drugačnim empirično ugotovljenim parametrom, ki jih obravnavani model zahteva.

2. FAZE GRADBENEGA PROJEKTA

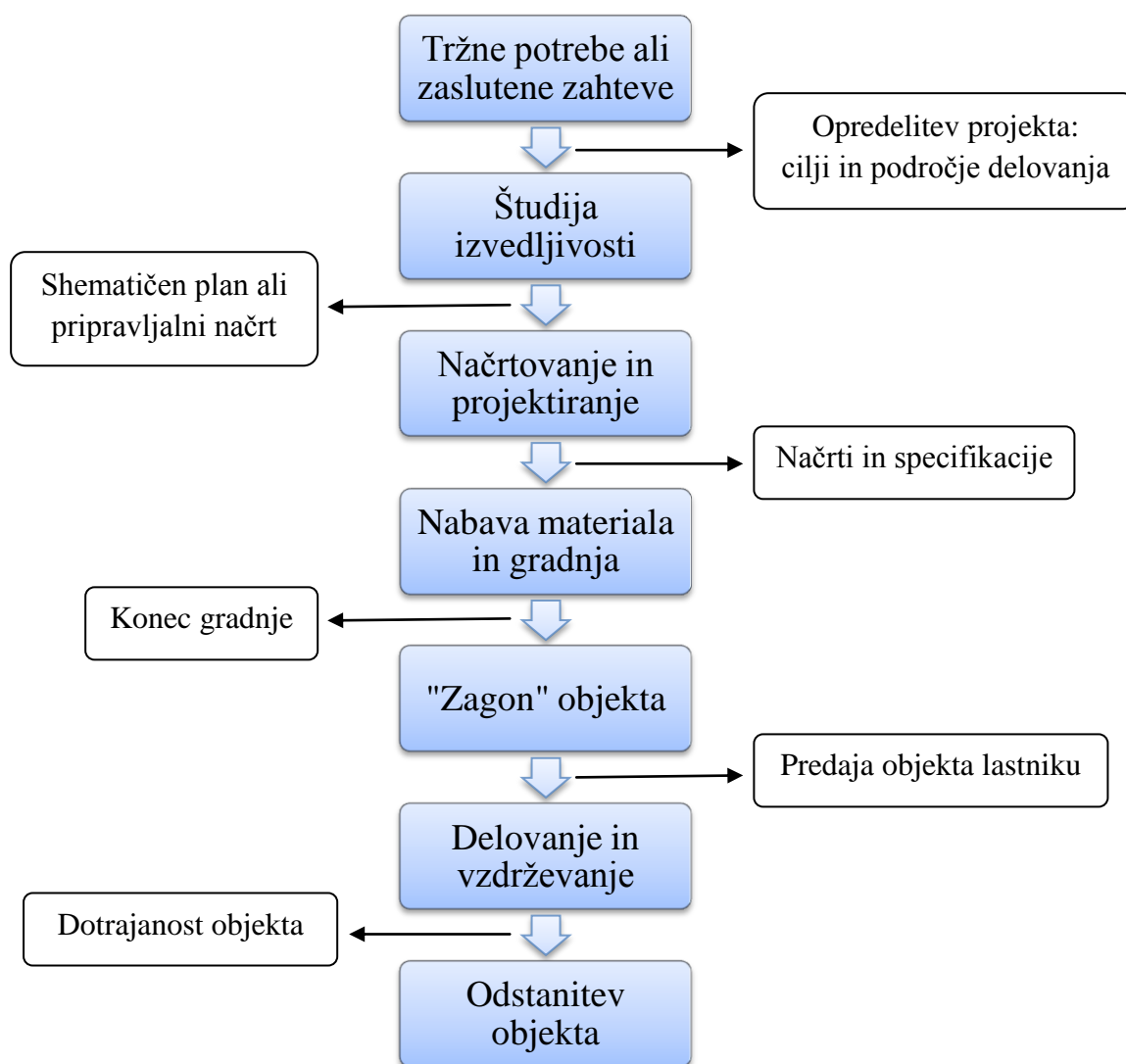
V tem poglavju bom predstavil gradben projekt z vidika investitorja, saj s tem zajamem vse življenjske faze gradbenega objekta. Sodeljuči »specialisti« na svojem področju (planerji, arhitekti, projektanti, izvajalci gradbenih del, dobavitelji gradbenega materiala idr.) so vsi napredovali v razvoju novih tehnik in orodij ter s tem omogočili boljšo izvedbo svojega dela. Pri tem je pomembno, da lahko ti udeleženci le z dobrim razumevanjem celotnega procesa projektnega managementa reagirajo složno in učinkovito na želje investitorja. Izboljšave v organizaciji ne koristijo zgolj gradbenemu sektorju, temveč lahko služi kot zagon za obnovo gospodarstva in blaginje v državi. Gradbeni sektor je namreč tisti, ki odraža gospodarsko stanje države. Da lahko napravimo korak naprej na vodenju gradbenega projekta, moramo najprej razumeti delovanje gradbene industrije, njegovo področje delovanja in zakonske omejitve, ki vplivajo na njeno delovanje.

Izgradnja ali nakup nekega objekta običajno predstavlja velik kapitalski vložek, ne glede na to ali je lastnik posameznik, privatna združba ali javna ustanova. Od objekta se pričakuje, da uresniči predvidene cilje, vse to pa v skladu predpisanimi zahtevami investitorja in zakonodaje. Z izjemo nepremičninskega trga, kjer stanovanjske in poslovne objekte gradijo in prodajajo nepremičninske družbe, je večina gradbenih objektov narejenih po željah lastnika in z njegovim sodelovanjem.

Z vidika investitorja lahko faze gradbenega projekta predstavimo shematično na grafikonu 1. Projekt primarno iniciramo zato, da zadovoljimo zahtevam ali potrebam, ki se pojavijo v družbi. Zato je potrebno najprej nedvoumno definirati namenske in objektne cilje gradbenega projekta.

V fazi zasnove se identificira različne možnosti poteka projekta ter preveri izvedljivost identificiranih alternativ, ki se jih kasneje še dodatno preveri z možnimi tehnikami gradnje in finančnimi napovedmi. Šele ko se analizira vse variante, se odločimo za tisto, ki najbolj ustreza našim zahtevam. Projekt bo moral biti izveden v skladu s programom, upoštevati roke izvedbe in denarne pritoke. Ko je obseg projekta nedvoumno določen, se izvedejo detajlni načrti, ki nam dajo končno predstav o vrednosti objekta. Sledi faza planiranja izvedbe projekta, kjer se določi posamezne aktivnosti ter pripadajoče potrebne vire. Fazo izvedbe, ki

sestoji iz dobave materiala in izgradnje, moramo voditi skladno s predhodno pripravljenim planom, evidentirati obseg in kakovost opravljenih del, v primeru odstopanj pa plane ustrezno korigirati. Po izgradnji nastopi faza, ko objekt začne obratovati in nato je dokončno predan investitorju. Le-ta bo nadziral njegovo nadaljnjo delovanje vse do konca življenjske dobe objekta, ko pride do porušitve ali prenove.



Grafikon 1: Življenjski cikel projekta

(http://pmbook.ce.cmu.edu/01_The_Owners'_Perspective.html)

Zgoraj prikazane faze življenjskega ciklusa projekta seveda ne potekajo vedno tako sistematično. Nekatere faze zahtevajo iteracijo (ponavljanje in izboljšavo procesa), spet druge lahko potekajo vzporedno ali z rahlim zamikom. Kljub temu, da zahteva vsaka faza specifična znanja, je običajno poleg tehničnih znanj potrebno imeti tudi organizacijska.

Investitorji se morajo zavedati, da najboljši pristop k organiziranju projektnega managementa skozi življenjski cikel projekta ne obstaja. Vsak pristop ima svoje pomanjkljivosti in prednosti glede na znanje investitorja o gradbenem managementu, lokaciji, zahtevnosti, velikosti ter vrsti objekta. Bistvenega pomena je to, da je investitor seznanjen z vsemi stroški, s katerimi se bo srečal skozi življenjski cikel objekta, že v zgodnjih fazah projekta, ob identificiranih zahtevah za načrtovani objekt.

3. METODE ZA DOLOČITEV STROŠKOV V ZGODNJIH FAZAH GRADBENEGA PROJEKTA

3.1 Splošno

Investitor gradbenega projekta želi v fazi idejne zasnove dobiti zanesljivo oceno skupnih stroškov projekta, saj se lahko le tako odloči za nadaljevanje ali opustitev projekta. Žal je danes, kljub vse zmogljivejši računalniški opremljenosti, na voljo le malo orodij, s pomočjo katerih bi lahko to oceno dobili. Razlogov za to je več. Zanesljivost modela lahko zagotovimo le na osnovi analize velikega števila objektov ter ustreznega interesa investitorja (in njegovega konzultanta). Investitor praviloma želi, da se projekt izpelje hitro in kakovostno, kar je zelo težavno zagotoviti. Pogosto se zgodi, da je v začetni fazi projekta vanj vloženo premalo časa in denarja, zato so posamezni segmenti narejeni površno. Ko projekt preide v fazo gradnje, ni redko, da prihaja do sprememb projekta. Takšni in podobni dejavniki otežujejo delo izvajalca in posledično višajo ceno projekta. S tem se povečuje tudi razlika med začetno oceno in dejanskimi stroški. Izkušnje kažejo, da strokovnjaki, ki določajo končne cene projektov, menijo, da so ravno arhitekti in različni svetovalci tisti, ki imajo največji vpliv na ceno projekta.

Pri določitvi cene igra pomembno vlogo dejstvo, da imamo v začetnih fazah projekta na razpolago le majhno količino podatkov. Tradicionalna metoda za določitev cene temelji na popisu del, ki ima pri kompleksnem projektu na stotine postavk. Da dobimo končno ceno, moramo oceniti strošek vsake postavke. To pomeni, da je za določitev celotne cene objekta (ki zanima investitorja) potreben precejšen denarni vložek.

V fazi zasnove imamo na razpolago le idejno zasnovo, iz katere je možno dobiti le omejeno število spremenljivk. Rešitev bi bila zelo velika zbirka podatkov, v kateri bi bili shranjeni projekti s podobnimi karakteristikami. Z ustreznimi modeli bi lahko le z nekaj parametri dobili zelo natančno aproksimacijo končne cene. Na žalost je tako zbirko podatkov praktično nemogoče narediti, saj gradbena podjetja in investitorji zaradi medsebojne konkurence ne želijo deliti zadostnega števila podatkov, da bi bila mogoča natančna obdelava.

Pri določevanju celotnega stroška projekta pomagajo strokovnjakom predvsem izkušnje, vendar se ne moremo zanesti izključno nanje. Od sedemdesetih let prejšnjega stoletja naprej se začnejo razvijati metode za določevanje cen v zgodnjih fazah projekta. Začeli so s preprostimi statističnimi metodami in linearno regresijo, nadaljevali so pa v osemdesetih s pomočjo računalnikov. Posluževali so se umetne inteligence, nevronske mreže in analize v odvisnosti od prejšnjih projektov. Strokovnjaki so metode razvijali glede na okolico, kjer so se nahajali. Zato ni bilo mogoče narediti nekega splošno veljavnega empiričnega modela. Vplivi posameznih spremenljivk se razlikujejo med seboj in model bi se moral spreminjati od države do države. Za ilustracijo navedimo afriške države, kjer imajo velik vpliv na ceno gradbenega objekta nihanje v ceni surovin in podkupnine, ki jih v razvitih državah skoraj ne zasledimo.

V člankih lahko najdemo tri metode za določitev cen projektov: linearno regresijo, nevronske mreže in t.im. sklepanje na podlagi primerov (case-based reasoning - CBR).

3.2 Opis metod

3.2.1 Linearna regresija

➤ Regresija

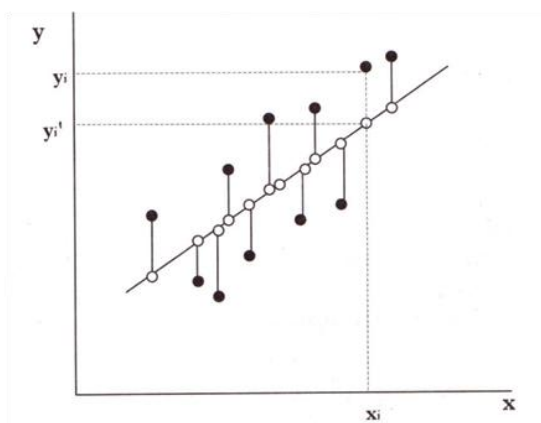
S pomočjo korelacije ugotavljamo oz. merimo povezanost dveh številskih spremenljivk in s tem povezanost med pojavi. Če povezanost dveh spremenljivk oz. njuno medsebojno odvisnost dobro poznamo, na primer s korelacijsko analizo, potem lahko stopimo na višjo stopnico: z ustreznimi metodami izračunamo na podlagi vrednosti ene spremenljivke vrednost druge spremenljivke (Brvar, 2007). S tem zelo pomembnim korakom stopimo iz korelacijske analize na raven regresijske analize. Gre za področje statistike, kjer se vrednosti odvisne spremenljivke ocenjujejo z vrednostmi ene ali več neodvisnih spremenljivk. Cilj te analize je statistično merjenje regresije – funkcionalno izraženega odnosa med odvisno in eno ali več neodvisnimi spremenljivkami. Če gre za regresijo odvisne in ene neodvisne spremenljivke,

govorimo o enostavni regresiji, če pa gre za regresijo več spremenljivk, pa govorimo o večkratni ali multipli regresiji.

Merjenje regresije pomeni določanje regresijske funkcije, ki izraža odnos med odvisno in neodvisno spremenljivko. Splošno enačbo takšne funkcije zapišemo kot:

Regresijska krivulja, ki prikazuje regresijsko funkcijo, kaže, kakšna naj bi bila povezanost med spremenljivkama, če razen vpliva spremenljivke X ($f(X)$) ne bi bilo drugih vplivov na spremenljivko Y . Ker pa obstajajo še drugi posamezni vplivi, se točke v razsevnem diagramu odklanjajo od regresijske krivulje. Ti odkloni so označeni z E . Čim večji so posamezni vplivi E , tem večji so odkloni točk od regresijske krivulje. Posamezna dejanska vrednost y_i je potem enaka vsoti vrednosti y'_i , ki leži na krivulji in odklonu e_i :

Pri iskanju funkcije težimo k temu, da so odkloni čim manjši. Uporabimo metodo najmanjših kvadratov:



Odstopanja dejanskih vrednosti y_i od vrednosti na premici y'_i (Brvar, B. 2007. Statistika: str. 269)

➤ Linearna regresija

Linearna regresija je najbolj enostavna regresija, pa tudi ena najbolj razširjenih statističnih metod obdelave podatkov. Splošna funkcijska enačba dobi v linearni regresiji konkretno obliko – enačbo premice:

kjer je

β_0 je vrednost regresijske funkcije, ko je vrednost neodvisne spremenljivke X enaka 0. Regresijski koeficient β_1 pa je vrednost, ki kaže, za koliko se spremeni vrednost regresijske funkcije Y' , če se vrednost neodvisne spremenljivke X poveča za eno enoto. Koeficienta β_0 in β_1 izračunamo po metodi najmanjših kvadratov:

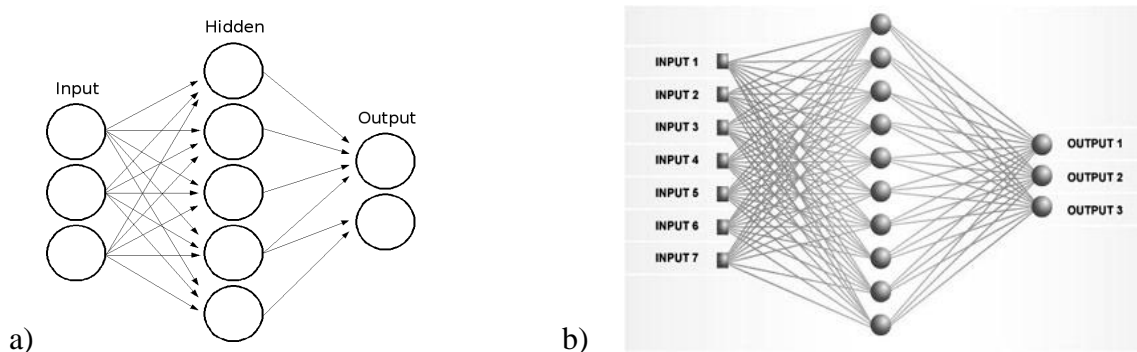
Minimum funkcije F se določi tako, da se izraz parcialno odvaja po parametrih β_0 in β_1 . Z odvodom dobimo sistem dveh linearnih enačb, iz katerih lahko izračunamo parametra β_0 in β_1 . Vstavimo ju v enačbo regresijske funkcije in dobimo enačbo linearne regresijske funkcije:

Regresijska konstanta β_0 je enaka aritmetični sredini odvisne spremenljivke Y , regresijski koeficient β_1 pa je enak kvocientu med kovarianco in varianco neodvisne spremenljivke X . Če regresijo računamo na vzorcu, označimo β_0 in β_1 s črkama a in b . Z regresijsko funkcijo lahko na podlagi znane vrednosti neodvisne spremenljivke X izračunamo pripadajočo vrednost odvisne spremenljivke Y , so katere bi prišlo, če bi izločili posamezne vplive; izračunana vrednost y' leži na premici Y' . **To pomeni, da lahko regresijsko funkcijo uporabljamo tudi za (statistično) napovedovanje gibanja enega pojava na podlagi dejanskih ali projekcijskih podatkov drugega pojava.**

3.2.2 Nevronska mreža

Nevronska mreža, imenovana tudi umetna nevrnska mreža, je način za obdelavo informacij, ki deluje po vzoru človeških oz. živalskih možganov. Sestavljena je iz množice umetnih nevronov. Nevroni, osnovni gradniki nevrnskih mrež, so t.i. pragovne funkcije, ki imajo več različno uteženih vhodov in en izhod ter so med seboj povezani. Najenostavnejše nevrnske mreže imajo le en nivo oz. sloj, pri bolj kompliciranih nevrnskih mrežah pa je teh nivojev lahko več. Po povezavah umetni nevroni drug drugemu pošiljajo električne dražljaje oz. signale. Če je vsota vhodnih signalov dovolj velika, pride do vžiga nevrona, kar pomeni, da se na izhodu pojavi signal. Povezave med nevrni lahko imajo poljubno jakost in strukturo.

Uteži vhodov posameznih nevronov, povezave med nevrni ter prag, pri katerem nevrnu na izhodu odda signal, se oblikujejo z učenjem. To pomeni, da se navedeni parametri nevrnske mreže spreminjajo toliko časa, dokler ni nevrnska mreža zmožna optimalno rešiti nekega problema. Bistvo nevrnskih mrež je v tem, da med učenjem same ugotovijo pravilo, ki povezuje izhodne podatke z vhodnimi. To pomeni, da se lahko naučijo tudi več in bolje kot učitelj oz. človek. Ko je nevrnska mreža naučena (kar lahko traja dlje časa), deluje tudi v situacijah, s katerimi v procesu učenja ni imela opravka. To pomeni, da lahko rešuje tudi naloge, kjer ne obstaja rešitev v obliki zaporedja korakov (kot npr. pri računalniških algoritmih), čeprav pri tem obstaja večja nevarnost nepredvidljivega delovanja (Nevronska mreža. <http://sl.wikipedia.org/>).



Slika 1: a) Enostavna nevrnska mreža (<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Artificial...>)
in b) Komplicirana nevrnska mreža (http://aemc.jpl.nasa.gov/activities/bio_regen...)

Nevronske mreže se med seboj razlikujejo po zgradbi, po vrsti učenja (nadzorovano in nenadzorovano) in po vrsti signalov (analogni in digitalni). Najbolj znane nevrnske mreže so:

- Perceptron
- Self-Organizing Maps (SOM, tudi Kohonenova nevrnska mreža)
- Hopfieldova nevrnska mreža (asociativni pomnilnik)
- Itd.

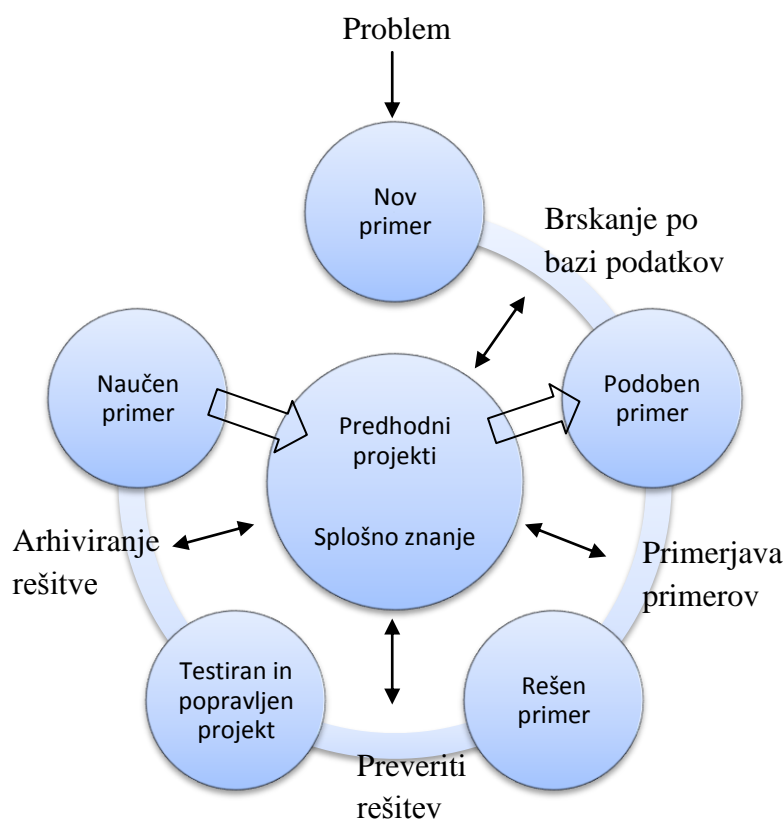
Umetna nevrnska mreža je uporabna zlasti zato, ker je zmožna sestaviti funkcijo iz opazovanja in jo tudi uporabiti. V primeru, ko imamo veliko število podatkov in nalog, ko ročno reševanje ni praktično, nam lahko nevrnska mreža sama posreduje funkcijo, ki poveže podatke tako, da dobimo želen rezultat. Nevronske mreže se uporabljajo na raznoraznih področjih: zaznavanje in nadzor sistema (nadzor vozila), igranje igrice in sistem odločanja (šah), prepoznavanje vzorcev (radarji, primerjava potez obraza), prepoznavanje določenega zaporedja (gestikulacije, govor), medicinske diagnoze, finančne aplikacije, elektronsko filtriranje sporočil, ...

3.2.3 Case-based reasoning (CBR)

Tehnika CBR je ena od tehnik s področja umetne inteligence. Njeni začetki segajo vse do leta 1984, ko je Schank začel raziskovati področje učenja na podlagi preteklih izkušenj (Aamodt, Plaza, 1994). Temelji na domnevi, da imajo podobni problemi podobne rešitve. Praksa kaže, da je pogosto bolj učinkovito, da pristopimo k reševanju določenega problema tako, da uporabimo rešitev predhodnega (podobnega) problema, in ne začnemo reševati problema na povsem nov način. Osnova tehnike je primer (»case«), ki je sestavljen iz problema in njegove rešitve. V podatkovni bazi, ki je del računalniško podprtega orodja, je shranjenih veliko število primerov s pripadajočo rešitvijo. Ob reševanju izbranega problema orodje poišče najsorodnejši problem, ki pa praviloma ni povsem enak obravnavanemu problemu. Zato je potrebno prilagoditi tudi rešitev.

Zavedati se je treba, da ta metoda ne da nujno rešitve za naš problem. Rezultat te metode je lahko le način, kako se problema ne lotiti ali predstavitev predhodno uporabljenih tehnik in njihove pomanjkljivosti. Metoda CBR ima štiri faze, ki delujejo ciklično:

1. Najti najbolj podobni primer ali primere našemu;
2. Pregledati informacije in znanje, ki nam najdeni primeri dajejo;
3. Preveriti predlagane rešitve; in
4. Shraniti morebitne najdene rešitve za prihodnje reševanje podobnih primerov.



Grafikon 2: Delovanje metode CBR (Aamodt, Plaza, 1994)

Cilj raziskovalcev na tem področju (Cekić, 2009), je izboljšanje metode kot povečanje podatkovne baze. Na ta način bi lažje izbirali med ponujenimi možnostmi pri javnih naročilih. Program je predvidel izboljšavo informacijske tehnologije (IT) in posledično boljše delovanje med bazo znanja (Knowledge Base - KB) ter integrirano bazo podatkov projektov iz javnih

naročil (Integrated Public Project Database – IPDB). CBR sistem je bil razvit tudi z upanjem, da bi se tako boljše izkoriščalo javna sredstva (Cekić, 2006).

Strokovnjaki so v članku (An, Kim in Kang, 2005) s pomočjo izkušenj določili velikostni red uteži posameznih postavk, to pa je lahko naredi le nekdo, ki ima zadosti izkušenj s podobnimi projekti. Pri določevanju uteži so se raziskovalci posluževali še računskih procesov GDM («gradient descent method») in AHP («analytic hierarchy process»). V splošnem poznamo pri CBR tri metode indeksiranja: a) "najbližji sosed" indeksacija; b) induktivna indeksacija in c) izkustvena indeksacija, pri čemer je prva najbolj v uporabi. Glavni namen AHP metode je, da olajša odločitev posameznika ali skupine, katere probleme je najprej potrebno rešiti in kateri lahko počakajo (hierarhija problemov). Ta metoda gre običajno skozi tri faze:

1. Razčlemba kompleksnega problema v obliko enostavne hierarhije;
2. Primerjava različnih metod reševanja in
3. Določitev uteži različnim metodam, kjer ugotovimo, katera nam najbolj ustreza.

Ko identificiramo projekt, ki je podoben obravnavanemu, je treba analizirati razred podobnosti in postavke, v katerih je podobnost tako izrazita. Analiza se opravi na podlagi uporabe metode CBR in AHP hkrati, saj le tako dobimo uteži, ki niso odvisne od človeškega dejavnika. Podobnost med posameznimi projekti se izračuna s pomočjo enačbe (7).

kjer so

Uteži postavke so določene na podlagi metod GDM in AHP. GDM služi kot optimizacijski algoritem, ki zmanjša stopnjo podobnosti med obravnavanim projektom in tistimi v bazi podatkov, ki imajo enakosti z našim objektom (primerom). Delovanje algoritma ni predmet diplomske naloge, v splošnem lahko ugotovimo, da prepozna razlike med podobnimi postavkami in ustrezno modificira vrednost uteži za nov primer. Bistven podatek je ta, da je ta postopek popolnoma računalniško voden, medtem ko metoda AHP upošteva strokovna mnenja izkušenih oseb, ki so sodelovali pri raziskavi.

Način delovanja je sledeč: 1. Naključno izberemo več projektov, ki jih vzamemo kot ciljne projekte, nato najdemo podobne projekte iz baze podatkov s pomočjo začetnih vrednosti uteži; 2. Uteži sedaj modificiramo glede na stopnjo podobnosti postavk; 3. Po analizi več naključno izbranih primerov se rezultirajočo utež normalizira in popravi utežni vektor. Nadalje reduciramo utežni vektor glede na parameter, ki ga definira uporabnik; 4. Postopek se iteracijsko ponavlja, dokler ne dosežemo zelene stopnje natančnosti.

4. PREGLED LITERATURE

Stroški, vezani na gradbeni objekt, se za investitorja razdelijo na dve večji skupini: izgradnjo projekta ter obratovanje in vzdrževanje. Vsaka izmed njih vsebuje večje število stroškovnih postavk. Stroške, ki so povezani z izgradnjo, razdelimo na slednje večje postavke:

- Nakup zemljišča;
- Planiranje in študije izvedljivosti;
- Arhitekturno in inženirsko delo;
- Gradnja, vključno z materialom, opremo in delavci;
- Nadzor gradnje;
- Zavarovanje in davki med gradnjo;
- Oprema objekta;
- Pregledi in preskušanja.

Obratovanje in vzdrževanje objekta skozi njegovo delovanje opredelimo na:

- Najemnina zemljišča (če je prisotna);
- Plače delavcev;
- Material in delo za vzdrževalna dela in popravila;
- Periodične prenovitve;
- Zavarovanje in davki;
- Stroški povezani z delovanjem objekta;
- Drugo.

Velikostni red vsake izmed postavk zgoraj navedenih je odvisen od velikosti in lokacije objekta ter od managerskih sposobnosti ljudi, ki so na vodilnih položajih skozi različne faze projekta. Investitorjev cilj je vsekakor kar se da nizka vsota vseh postavk (ob nespremenjeni kakovosti objekta in njegovemu predvidenemu obnašanju med uporabo), saj je od tega odvisna uspešnost izpeljanega projekta

Zavedati se moramo, da kljub temu, da je gradnja objekta sicer stroškovno najbolj zahtevna, ne smemo zanemariti ostalih stroškov. Kot primer lahko navedem nakup zemljišča v predelu

visoke gostote prebivalstva, kjer lahko zemljišče doseže ceno primerljivo z izgradnjo samega objekta. Naloga investitorja je tudi, da opravi študijo stroškov delovanja in vzdrževanja objekta, saj bo le tako imel celoten vpogled v stroške, s katerimi se bo srečal skozi celotni ciklus obratovanje objekta. Nizko cenovni materiali lahko vodijo k visokim stroškom vzdrževanja in nizka kakovost proizvodov uporabljenih med gradnjo lahko ceno popravil dvigne do meje, ko objekt ne prinaša več dobička.

V večini gradbenih pogodb so dopuščeni določeni nepričakovani in naključni dodatni stroški. Te rezerve so lahko del cene vsake postavke ali navedene v popisu del kot ločena postavka. Velikostni red te rezerve je odvisen od izkušenj izvajalca gradbenih del in zahtevnosti projekta. Spremembe tekom izvajanja projekta gradbena podjetja običajno razdelijo na pet kategorij:

- Spremembe v načrtih projekta;
- Sprememba v končnem roku;
- Administrativne spremembe;
- Drugačni pogoji na gradbišču od pričakovanih;
- Dodatna dovoljenja in zahteve s strani stranskih udeležencev.

Določitev stroškov je eden pomembnejših korakov v gradbenem projektu. Predvidena cena predstavlja nek mejnik, ki naj ne bi bil prekoračen. Natančnost predvidene cene je odvisna od faze projekta, saj se z razvojem projekta količina razpoložljivih podatkov veča in inženir zadolžen za analizo stroškov (»cost engineer«, »estimator«) lahko sproti zmanjšuje začetno napako v končni ceni. V splošnem vse ocene stroškov temeljijo na enem izmed slednjih pristopov:

- **Faktor produkcije**, ki opisuje funkcijsko zvezo med končnim rezultatom in sredstvi, ki jih potrebujemo za dosežek le-tega.
 - **Empirični stroškovni zbirnik** govori o statistični metodi, kjer se na podlagi določenega števila parametrov določi predvidena cena.
 - **Popis del**, ki je tradicionalen način določitve stroškov s pomočjo natančnega popisa vseh del in ustreznih cen. Na koncu se vse postavke sešteje in se dobi končno ceno.
-

- **Razporeditev cenovno ključnih področij** je metoda, pri kateri se vsak strošek da v določeno skupino in se glede na karakteristike projekta vsako skupino ustrezno indeksira za določitev končne cene. Skupine so lahko: 1. Delo, 2. Material, 3. Gradbena oprema, 4. Nadzor gradnje, 5. Vodstvo gradbišča.

(Cost Estimation, http://pmbook.ce.cmu.edu/05_Cost_Estimation.html)

4.1 Primerjava nekaterih metod ocenjevanja stroškov gradbenih del v zgodnjih fazah gradbenega projekta

Že od začetka sedemdesetih let prejšnjega stoletja se razvijajo metode za uspešno določanje končne cene projektov. Vprašanje je le, v kateri stopnji razvoja projekta jim bo to uspelo in s kakšno natančnostjo se bodo uspeli pohvaliti. V diplomski nalogi bom analiziral in primerjal pet metod, ki so jih na podlagi svojih raziskav predlagali različni avtorji in ki so dostopne v razpoložljivi znanstveni periodiki (preglednica 1). Predstavil bom probleme, s katerimi so se raziskovalci srečevali in kakšne rešitve predlagajo za izboljšanje obstoječih metod za oceno skupnih stroškov.

Preglednica 1: Glavne značilnosti predlaganih modelov

Avtorji:	Naslov članka	Država in leto publikacije	Velikost baze podatkov	Tip konstrukcije
Elcin Tas in Hakan Yaman	<i>A building cost estimaton model based on cost significant work packages</i>	Turčija/2005	41 projektov	stanovanjska gradnja
Sung-Hoon An, Gwang-Hee Kim in Kyung-In Kang	<i>A case-based reasoning cost estimating model using experience by analytic hierarchy process</i>	Koreja/2005	580 projektov	stanovanjska gradnja
T.M.S. Elhag, A.H. Boussabaine, T.M.A. Ballal	<i>Critical determinants of construction tendering costs: Quantity surveyors' standpoint</i>	Velika Britanija/2004	68 projektov	stanovanjska gradnja
Margaret W. Emsley, David J. Lowe, A. Roy Duff, Anthony Harding in Adam Hickson	<i>Data modelling and the application of a neural network approach to the prediction of total construction costs</i>	Velika Britanija/2001	288 projektov	stanovanjska gradnja
Christian Stoy, Spiro Pollalis in Hans-Rudolf Schalcher	<i>Drivers cost estimating in early design: A case study of residential construction</i>	Nemčija/2008	70 projektov	stanovanjska gradnja

Avtorji člankov so se posluževali podatkov iz svojih držav in metode zbiranja teh podatkov so bile različne. Zavedati se moramo, da pridobivanje dovolj velikega vzorca projektov in verodostojnih podatkov ni preprosta naloga, saj gradbena podjetja zaradi velike konkurence pogosto nočejo posredovati želenih podatkov raziskovalcem in tako otežujejo njihovo delo. Nekateri avtorji so si pomagali z državnimi ustanovami, ki imajo določeno bazo podatkov in zagotovljene verodostojne ter preverjene informacije. Elcin Tas in soavtorji so si pomagali s podatki, pridobljenimi od Ministrstva za javna dela in ponovno ureditev, ki zagotavlja enotne cene pri vseh projektih. Margaret Emsley je del svojih podatkov dobila od Building Cost Information Service-a (BCIS), inštitucije, ki zbira tovrstne podatke, vendar je bil nabor podatkov pomanjkljiv in potrebno je bilo dodatno raziskovalno delo, ki ni bilo preveč uspešno. Za primer lahko navedem, da od 1239 telefonskih pogovorov jim je uspelo zbrati le za šest dodatnih projektov potrebne informacije. BCIS, ki izdaja stroškovne analize gradbenih projektov ima vse informacije o projektih, razen: končne cene, trajanje gradbenih del, kvaliteta objekta oz. stavbe in investitorjevih dodatnih stroškov. To priča o tajnosti podatkov v Veliki Britaniji in kako težko je zbrati prepotrebno bazo podatkov, ki bi močno zmanjšala končne napake v cenah projektov.

Večino podatkov so avtorji zbirali s pomočjo vprašalnikov poslanih po konvencionalni in elektronski pošti. Vprašalniki so bili naslovljeni na posameznike iz gradbenih in arhitekturnih birojev, ki so zadolženi za izdelavo začetne ocene vrednosti projekta, obračunavanje del na podlagi izvedenih količin posameznih del med gradnjo ter za določitev oz. izračun končne cene projektov. V anglosaksonskem svetu poimenujejo te posameznike *quantity surveyors* (QS). V Sloveniji te dejavnosti ne opredeljujemo kot poseben poklic. Dokončno ceno objekta se določa v oddelku za pokalkulacijo. Poleg vprašalnikov so nekateri organizirali tudi razgovore na izvajalskih podjetjih in na takšen način neposredno dobil podatke, ki so jih potrebovali. V korejskem in nemškem članku ne govorijo o tem, kje so dobili podatke, temveč navajajo le število in tip konstrukcij, ki jih imajo na razpolago.

Pristop k obdelavi podatkov se je razlikoval od članka do članka. Enotna je le uporaba računalnika, ki je s pomočjo najrazličnejših programov obdeloval podatke. Začetna faza je zahtevala vnos podatkov vsake posameznega projekta v bazo podatkov in nato se je začela njihova obdelava. Le Stoy je uporabil projekte za določitev empirične formule, s katero bi kasneje pridobival neposredno ceno na m². Njegova metoda zahteva določitev šestih

parametrov (x_1, \dots, x_6), katere se vstavi v formulo in se določi končno ceno. Ostali članki se poslužujejo primerjalnih analiz in poskušajo določiti čim manjše število spremenljivk, ki bi jim prinesle kar se nizko napako pri končni ceni. V tej fazi lahko med zajetimi raziskavami zasledimo precejšnje razlike, saj nekateri uporabljajo preproste statistične metode, drugi pa kompleksne programe, ki so sposobni sami razvijati nove formule (npr. nevronske mreže).

Raziskava Elcin Tasa in sodelavcev (Tas, Yaman, 2005) obravnava informacijski sistem za ceno objekta BMBS (turška kratica za ta informacijski sistem – Informacijski Sistem za Stroške Izgradnje). Bazo podatkov so sestavili glede na cene, ki jih je podalo Ministrstvo za javna dela in ponovno ureditev, ki veljajo za gradbena dela iz javnega razpisa. Sistem deluje na podlagi naslednjih podatkov: metode izvajanja, uporabljenih merskih enot, analize osnovnih stroškov in najpomembnejših postavk, ki pripomorejo k končni ceni. Stroškovno pomembne postavke se dobi z vnosom popisa del v sistem, ki pregleda shranjene projekte in primerja količine najpomembnejših postavk ter poda najboljšo aproksimacijo končne cene. Popis del, (kot tradicionalen pristop k določitvi cene projekta) ni praktičen, saj ima veliko število postavk in se ga ne da hitro oceniti, zato je potrebno uporabiti Paretoev princip, ki pravi, da 20% postavk (s celotnega spiska) prispeva k 80% končne cene, kar precej skrajša seznam. (Žemva, 2006)

Za oceniti ceno objekta so potrebni tri koraki:

1. Najti je potrebno stroškovno pomembne postavke;
2. Postavke, ki so si med seboj podobne združiti v "pakete";
3. Izračunati prispevek vsakega "paketa" k končni ceni objekta.

Model so razvili s pomočjo 21-ih popisov del stanovanjskih objektov, ki imajo kot model gradnje armirano betonski okvir. Na podlagi izvedene analize so identificirali 34 postavk, ki znatno prispevajo k končni ceni in kjer vsaka ima podpostavke, ki specializirajo določeno delo. Pri analizi popisa del so nadalje ugotovili, da je povprečno število postavk, ki je dalo 81,86% vrednost končne cene 19,24, kar je 36%. To ni zadostovalo, saj so se želeli približati Paretoevemu pravilu »80:20« in so morali zmanjšati število postavk (19,24 oz. 19, če zaokrožim).

Stroškovno pomembni "paketi" so združene postavke, ki zajemajo isti material, enako mersko enoto in podobno obdelavo podanega materiala. Pri 21-ih projektih so določili od 16 do 21 stroškovno relevantnih postavk, ki so jih združili v 12 "paketov":

1. Armiran beton;
2. Zidarska dela;
3. Postavljanje opaža;
4. Postavljanje gradbenega odra;
5. Postavljanje strešne kritine;
6. Vgradnja oken in vrat;
7. Postavljanje ojačitev;
8. Barvanje;
9. Polaganje poda;
10. Finalne obdelave sten;
11. Polaganje mavčnih plošč in sten;
12. Zasteklitev ;

Prispevek zgoraj navedenih postavk so preverili s preprosto enačbo, ki je morala dati rezultat okoli 0,8. Ta rezultat je pomenil, da smo izbrali tiste postavke, ki so nam skupaj dale 80% končne cene projekta (princip »80:20«).

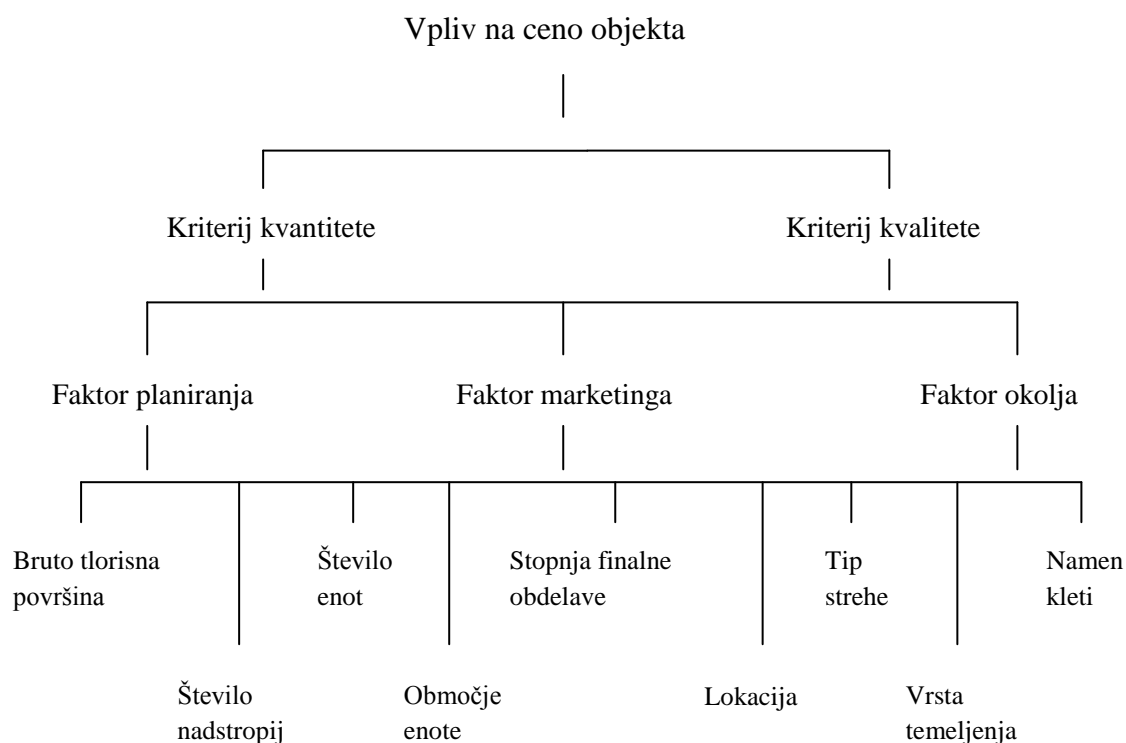
kjer so

Članek v nadaljevanju podaja in pojasnjuje štiri osnovne korake, pri upravljanju s programom BMBS, ki so: a) vnos osnovnih karakteristik projekta in popisa del; b) iskanje podobnih projektov v bazi podatkov; c) določitev stroškov; d) analiza stroškov. V zaključku so model testirali na dodatnih 20-ih projektih s podobnimi karakteristikami.

Članek korejskih znanstvenikov (An in soavtorji, 2005) predstavlja prednosti metode CBR (Case-Based Reasoning) oz. analiza v odvisnosti od projekta. Kot je bilo že omenjeno, temelji CBR metoda na predpostavki, da se nove probleme rešuje na podlagi podobnih projektov iz preteklosti. Delovanje tega programa je natančneje opisano v drugem poglavju, zato se bom osredotočil na razlago delovanja CBR metode na projektih, ki jih obravnava članek.

Model CBR, ki uporablja AHP, je bil uporabljen na stanovanjskih objektih iz Koreje. Zbirka podatkov je vključevala 580 stanovanjskih objektov, zgrajenih med leti 1997 in 2002. V modelu je bilo uporabljenih 9 spremenljivk: bruto tlorisna površina, število nadstropij, število enot, območje, ki ga zavzame enota, lokacija, tip strehe, vrsta temeljenja, namen kleti in stopnja finalne obdelave. Iz baze podatkov so izločili 40 projektov, ki so jih uporabili kasneje za kontrolo modela.

Problem odločitve so razdelili hierarhično. V tej raziskavi so razdelili na 4 nivoje:



Grafikon 3: Hierarhična razdelitev soočanja s problemom (An in soavtorji, 2005)

Prvi nivo je bil cilj, kateri nam je določil vpliv postavk na ceno projekta. Takoj pod njim sta bila dva ključna parametra: kakovost in kvantiteta. Tretji nivo je specificiral le-ta parametra za boljšo analizo. Na dnu razmejitev je devet podanih spremenljivk, ki so direktno povezane z nivojem tri. Te spremenljivke so hierarhično razporedili na podlagi ankete, ki so jo poslali večji skupini izkušenih inženirjev. Po selekciji vrnjenih anket so določili uteži z AHP računskim postopkom in sedaj so se lahko lotili primerjave različnih analiz. Uporabili so tri metode za določitev merodajnih uteži: a) enake uteži; b) GDM (računalniško določene uteži) in c) AHP (uteži določene s pomočjo analize hierarhičnih procesov). Bistvena razlika med GDM postopkom in AHP je ta, da GDM je računalniški program, ki na podlagi popisov del (torej objektivno) določi vrednosti uteži, medtem ko AHP določuje vrednosti na podlagi rezultatov anket (torej subjektivno).

Preglednica 2: Vrednosti uteži pri vsaki metodi (An, Kim in Kang, 2005)

Spremenljivke	Enake uteži	GDM	AHP
Bruto tlorisna površina (m ²)	0,1111	0,2157	0,2200
Število nadstropij	0,1111	0,1168	0,0490
Število enot	0,1111	0,1798	0,1010
Območje enote (m ²)	0,1111	0,1447	0,1840
Lokacija	0,1111	0,1052	0,1230
Tip strehe	0,1111	0,0225	0,0480
Vrsta temeljenja	0,1111	0,0690	0,1090
Namen kleti	0,1111	0,0226	0,0340
Stopnja finalne obdelave	0,1111	0,1237	0,1340
Skupaj	1,0	1,0	1,0

Raziskava Elhaga in soavtorjev (2004) temelji na anketni metodi. Cilj raziskave je določitev in razvrstitev postavk, ki najbolj vplivajo na ceno projektov in ne izračun cene, kot pri ostalih člankih. Ankete so bile poslani 218-imi osebami, ki so zadolžene za določitev količin vseh materialov, ki so pri gradnji potrebni (quantity surveyors - QS) v Veliki Britaniji. Odziv ankete je bil 31%. Rezultate so statistično obdelali s Kendallovim skladnostnim testom in

“severity” indeksom (SI), ki so pokazali precejšnjo skladnost odgovorov med strokovnjaki. Ti metodi služita za obdelavo velikega števila podatkov in zaznajo ponavljajoče se trditve.

Sestave ankete so se lotili s predhodnimi razgovori s QS-i, kateri so usmerili strokovnjake pri izboru 67-ih relevantnih dejavnikov. Le-te so razvrstili v šest kategorij:

1. Karakteristike naročnika;
2. Svetovalni in projektantski parametri;
3. Izvajalčeve lastnosti;
4. Specifike projekta;
5. Izvajalčeve metode dela in njegovi načini pridobivanja surovin;
6. Zunanji faktorji in razmere na tržišču.

Naslednja faza raziskave je bila pošiljanje anket naključno izbranim strokovnjakom, katerih naloga je bila ocena in razvrstitev parametrov glede na njihovo pomembnost. Na razpolago so imeli tri možnosti: a) Nepomemben - 1; b) Zmerno pomemben - 2 in c) Zelo pomemben - 3.

Analizo so izvajali s faktorjem resnosti (“severity” indeksom - SI), ki je pokazal vpliv spremenljivke na ceno. Enačba SI-ja je:

kjer so

Sledila je določitev stopnje strinjanja strokovnjakov, ki so sodelovali v raziskavi. Pri tem so si raziskovalci pomagali s koeficientom variacije (*Coefficient of variation – COV*), ki izraža standardno deviacijo od povprečja in je uporabno pri primerjanju različnih odgovorov.

=

kjer so

–

Ta parameter še boljše razišče Kenadalov test strinjanja (w), ki meri stopnjo strinjanja med ocenami parametrov za vsako kategorijo (1-6). Rezultati testa ležijo na intervalu med 0 in 1, kjer 0 ponazarja nestrinjanje in 1 popolno strinjanje.

kjer so

V drugem britanskem članku Margaret W. Emsley in sodelavcev (2001) je opisan razvoj modela, ki temelji na nevronske mrežah. Njegov cilj je čim boljša ocena vseh stroškov, ki jih srečamo pri gradbenih projektih. Prva naloga je bila zbiranje zadostnega števila podatkov. Tega so se lotili v dveh fazah:

1. Naredili so začetno študijo, kjer so oblikovali seznam vseh pomembnih spremenljivk in izdelali strategijo za pridobitev vseh potrebnih podatkov. Poleg tega so izbrali najprimernejši model in ga testirali na 46-ih projektih.
 2. Študija je bila izvršena na podatkih skoraj 300 projektov.
-

S pomočjo strokovne literature in razgovori z raznoraznimi strokovnjaki so raziskovalci izluščili 41 spremenljivk, ki jih je bilo potrebno vstaviti v model. Pomembno dejstvo je, da cena, ki jo dobimo v tem modelu ocene stroškov da vrednost, ki jo bo investitor na koncu dejansko plačal. Večina drugih raziskav da kot končno vrednost ponudbeno ceno izvajalca, brez vseh strokovnih mnenj in ostalih stroškov, ki nastanejo pri razvoju projekta. Spremenljivki časa (leto izgradnje) in lokacije (regija) sta bili poenoteni glede na podatke BCIS (Building Cost Information Service) tako, da je bila končna cena pomnožena s primernim faktorjem, ki je vse projekte postavil v enotni čas in regijo. Iz modela so bile izvzete postavke, ki vključujejo rušitvena dela, zunanjo ureditev in strokovna dela (n.pr. restavratorska dela), saj je vpliv teh postavk spremenljiv (od 1% do 30%) na končno ceno.

Podatke, ki so jih akumulirali, so razdelili v štiri različne skupine. V odvisnosti od spremenljivk, so skupine obravnavali na njej primeren način. Prva skupina je vsebovala postavke, ki jih je bilo možno opisati s preprosto številko (npr. število dvigal), katera je na končno ceno vplivala logaritemsko, saj tu cena ne narašča linearno. Druge skupine imajo tudi svoje posebnosti, kot na primer postavke, ki se jih podaja v ceni na kvadratni meter in spremenljivke, ki se jih sploh ne da opisati številčno, temveč je obravnava bolj kompleksna (npr. vrsta nosilne konstrukcije).

Nevronska mreža se je izkazala bolje v možnosti obravnave nelinearnega obnašanja v odnosu med spremenljivkami, kjer linearna regresija običajno ni možna. Potrebno se je zavedati, da za takšno analizo je potrebno natančno poznati nelinearne odnose med obravnavanimi količinami. Zaradi napačnih predpostavk, da je standardna deviacija napake konstantna ne glede na velikost projekta in da ima sprememba v eni postavki enake vplive na ceno, so vpeljali tri oblike podajanja cene projekta: a) logaritem končne cene projekta; b) cena na m^2 in c) logaritem cene na m^2 . Na ta način so z vpeljavo logaritemske funkcije upoštevali nelinearno večanje cene pri večanju projekta in s m^2 podali mero, ki je neodvisna od velikosti projekta.

Model linearne regresije (LR) so razvili zgolj za primerjavo z nevronske mreže. Uporabili so šest načinov analize za določitev cene projekta. Le-to so izračunali z uporabo treh oblik zgoraj navedenih v obe smeri: a) z uporabo spremenljivk do cene in b) od končne cene do določitve potrebnih spremenljivk. Število spremenljivk se je gibalo med osem in štirinajst. Rezultati vseh analiz so dali podobne rezultate, z napako okoli 20%. Inteligentni računalniški sistem naj

bi z boljšim poznavanjem obnašanja spremenljivk zmanjšal napako. Na podlagi preskušanja tega modela so ugotovili, da se uporaba linearne regresije nagiba k višji ceni pri majhnih projektih in prenizki ceni pri večjih projektih.

Nevronska mreža je bila uporabljena na treh modelih: I) petimi spremenljivkami, ki so bile v vseh šestih analizah LR; II) devetimi spremenljivkami, ki so bile v petih analizah in III) vse spremenljivke. S preskušanjem več računalniških programov in različnih algoritmov so avtorji pridobili sisteme, ki dajo najboljše rezultate.

Za večjo nazornost bom predstavil vse spremenljivke, ki jih je razdelil Elhag in soavtorji (2004) v skupine. Tako lahko dobimo vpogled na vse količine, ki jih mora QS pregledati, ko določuje ceno. V tabelah je prikazana pomembnost spremenljivke v svoji skupini (kategoriji) in generalni razvrstitvi. Navedene spremenljivke niso vedno zadostne pri določitvi točne končne ocene. Treba se je zavedati, da je vsak gradbeni projekt edinstven in ima specifične značilnosti. Tipični dejavniki, ki se jih ne da vedno v celoti predvideti, so: sestava temeljnih tal, hitra sprememba povpraševanja ali ponudbe posameznega gradbenega materiala/proizvoda na (svetovnem ali lokalnem) tržišču, ki se odrazi v pomanjkanju ali podražitvi tega proizvoda (npr. konstrukcijskega jekla), slabo vreme na gradbišču, arhitekt, ki konstantno spreminja načrte, itd.

Preglednica 3: Razvrstitev spremenljivk po velikosti vpliva na ceno objekta glede na lastnosti investitorja (Elhag in soavtorji, 2004)

Spremenljivka	Razvrstitev po kategoriji	Generalna razvrstitev
Vrsta investitorja (javni/zasebni/razvojni)	4	16
Finančni kapital	8	53
Metoda financiranja projekta	5	28,5
Partnerske domene	6	41,5
Zahteve po hitrosti gradnje	1	3
Izkušnje v pridobivanju dovoljenj	7	49
Zahteve investitorja po kakovosti	3	11
Zanesljivost projektne naloge	2	10

Preglednica 4: Razvrstitev spremenljivk po velikosti vpliva na ceno objekta glede na parametre, ki so povezani s svetovalci in projektanti (Elhag in soavtorji, 2004)

Spremenljivka	Razvrstitev po kategoriji	Generalna razvrstitev
Stopnja dovršenosti in rok projekta (projektantski in arhitekturni načrti)	2,5	4,5
Zmožnost nadgradnje projekta	5	18
Stopnja povezanosti med investitorjem in strokovnjaki	7	28,5
Razsežnost sprememb na projektu	2,5	4,5
Natančnost načrtov	4	7
Kontrola, preskušanje in odobritev del	8	58
Podreditev začetnih ocen stroškov	6	25
Odsotnost sprememb v projektu	1	1

Preglednica 5: Razvrstitev spremenljivk po velikosti vpliva na ceno objekta glede na lastnosti izvajalca (Elhag in soavtorji, 2004)

Spremenljivka	Razvrstitev po kategoriji	Generalna razvrstitev
Sestava vodstva gradbišča (izkušenos, delavnost, ...)	1	2
Odnosi med vodstvom in delavci	4	22
Finančne zmožnosti	6	34
Izkušnje na podobnih projektih	2	13
Zasedenost izvajalca	8	40
Stopnja komuniciranja znotraj podjetja	10	49
Metode ocenjevanja in kontrole stroškov	11	59
Stopnja znanja planiranja	3	20
Rezultati produktivnosti (organizacijski, delavski, tehnološki)	7	35
delež dela, ki ga opravi izvajalec in delež, ki ga opravi podizvajalec	12,5	61,5
Število podizvajalcev	15	64
Zvišanja cen v pogodbah	17	66
Zgodovina plačevanja podizvajalcem	12,5	61,5
Zgodovina reklamacij	5	23
Sedanje reklamacije	9	41,5
Nesreče na gradbišču	18	67
Vrsta garancije	14	63

Preglednica 6: Razvrstitev spremenljivk po velikosti vpliva na ceno objekta glede na specifične lastnosti projekta (Elhag in soavtorji, 2004)

Spremenljivka	Razvrstitev po kategoriji	Generalna razvrstitev
Vrsta uporabe (stanovanja, pisarne,...)	13,5	44,5
Velikost	8	30
Višina oz. število nadstropij	7	27
Število nivojev pod zemljo	3	12
Stopnja poznavanja terena	4	14
Kompleksnost gradnje	2	8
Vrsta nosilne konstrukcije (jeklo, beton, opeka,...)	13,5	44,5
Lokacija objekta (regija in okolica)	12	43
Topografija terena	6	26
Metoda gradnje	9	36
Vrsta temeljenja	10,5	37,5
Količina dela izven gradbišča (stopnja prefabrikacije)	17	52
Vrsta obdelave zidov	16	51
Dostopnost gradbišča	10,5	37,5
Intenziteta/kompleksnost uporabe objekta	1	6
Stopenjska obdelava objekta	5	15
Kakovost finalne obdelave	15	47

Preglednica 7: Razvrstitev spremenljivk glede na metode dela in način pridobivanja surovin izvajalca (Elhag in soavtorji, 2004)

Spremenljivka	Razvrstitev po kategoriji	Generalna razvrstitev
Vrsta pogodbe	5	46
Način ponudbe dela (javni, izbirni, pogajalski,...)	2	24
Način plačevanja	4	32
Metode pridobivanja	1	21
Delitev tveganja med izvajalci	3	31
Načini reševanja nesoglasij	6	55
Razgovor s perspektivnimi izvajalci	7	57

Preglednica 8: Razvrstitev spremenljivk glede na zunanje faktorje in razmere na tržišču (Elhag in soavtorji, 2004)

Spremenljivka	Razvrstitev po kategoriji	Generalna razvrstitev
Cena/razpoložljivost/kvaliteta materiala	2	17
Cena/razpoložljivost/kvaliteta delavcev	3	19
Cena načrtov	5	39
Vremenske razmere	8	56
Določila vlade	9	60
Stopnja konkurence in količina dela	1	9
Število ponudnikov	6	49
Davki in stopnja inflacije	7	54
Stabilnost tržišča	4	33

Stoy in soavtorji (2008) so rešitev iskali na osnovi predpostavke, da se cena med podobnimi objekti, kjer so zahteve investitorja podobne, bistveno ne spreminja. Odgovoriti so želeli na dve vprašanji:

- kateri so najpomembnejši dejavniki pri gradnji objekta in
- koliko vsak izmed njih pripomore k spremembi cene.

Nadaljevali so študijo Emsley (2001), katera je zmanjšala napako v končni oceni. V tej študiji so avtorji razvili zelo kompleksno metodo, napovedi te metode pa so se od dejanskih vrednosti razlikovali do 17%. Izrazi v analizi se sklicujejo na nemški standard za oceno stroškov DIN 276 (1993). V končno ceno niso všteti stroški zemljišča, stroški za delovanje ter vodenje gradbišča in morebitne nagrade izvajalcem.

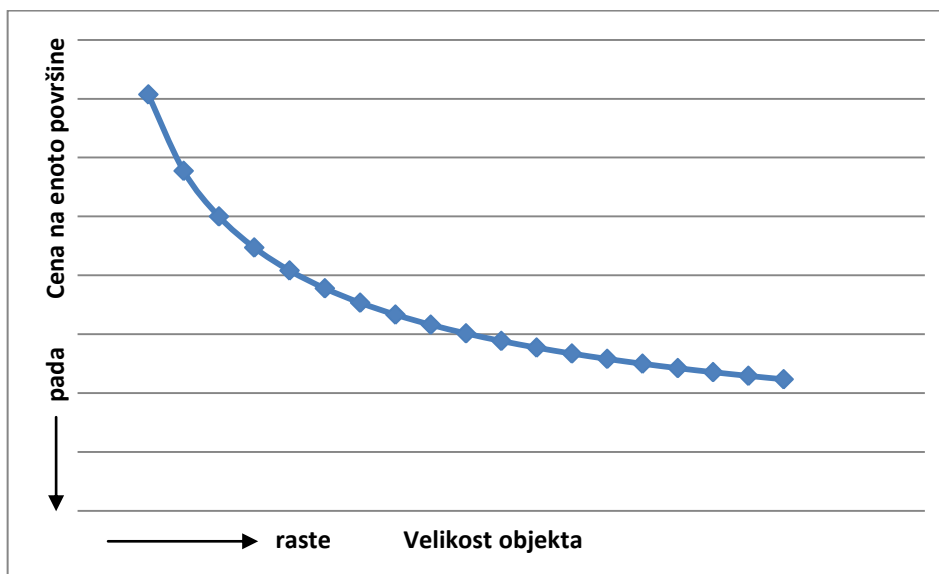
Na podlagi pregleda večjega števila obstoječih študij so izpisali dejavnike, ki so bili pri posameznih študijah upoštevani. Tabelo so posredovali strokovnjakom, ki se ukvarjajo z analizami stroškov v gradbenih podjetjih, arhitektom in nepremičninskim agentom. Le-ti so tabelo dopolnili in ocenili vsakega od parametrov. Naloga raziskave je sedaj analizirati pridobljeno preglednico in iz nje izvleči minimalno število parametrov, ki bi predstavljali osnovo za kar se da dobro oceno projektov.

Za analizo so uporabili 75 stanovanjskih objektov, ki so bili zgrajeni med leti 1975 in 1999. Da bi bile primerjave med objekti iz različnih obdobj realne, so cene indeksirali na leto 2004,

vanje pa so vključili tudi davke. Rezultati so pokazali, da so bili dani podatki izredno dobri, saj so vsi izvirali iz enega vira, za analizo stroškov pa so uporabili le eno metodo. Drugi razlog za zadovoljstvo je bilo dejstvo, da so bili vsi podatki posameznih objektov preverjeni, podane cene pa so izražale dejansko stanje končanega objekta.

Regresivno analizo so uporabljali pri določevanju parametrov, ki dajo najmanjšo napako med končno ceno in predvideno ceno. Za kontrolo so uporabili 5 od 75-ih objektov, ki so jih imeli na razpolago. Dodatne kontrole so pokazale, da je najprimernejša metoda za analizo semi-log regresija za ceno na m^2 na bruto tlorisno površino. Neodvisne spremenljivke, ki so dale najboljše rezultate so: kompaktnost objekta (x_1), število dvigal (x_2), velikost objekta (x_3), čas gradnje (x_4), deleži odprtín (x_5) in regija gradnje (x_6). Te parametre so vključili v empirično enačbo, ki da kot rešitev naravni logaritem cene na m^2 na bruto tlorisno površino (y):

V enačbi so vključene štiri neodvisne spremenljivke, ki so bile med desetimi najpomembnejšimi parametri, ki so jih določili strokovnjaki. Kljub temu, da nista imela velikega pomena za strokovnjake sta ključna parametra enačbe tudi delež odprtín (13. v razvrstitvi) in čas gradnje (36. v razvrstitvi). Podrobnejši pregled izraza 12 pokaže, da vodi večanje objekta k zmanjšanju cene (na enoto tlorisne površine), saj se s ponavljanjem določenih dejavnosti in večjo količino materiala cena na enoto površine zmanjša.

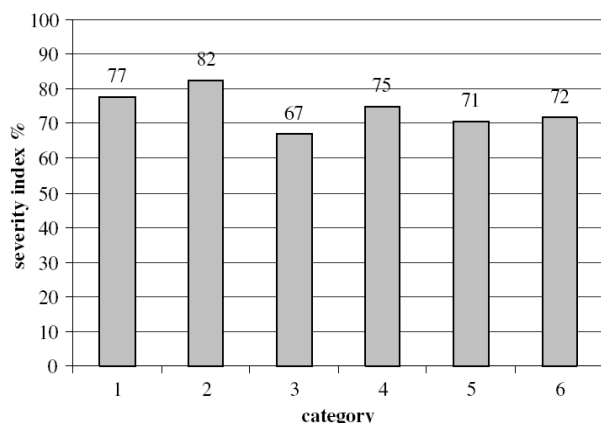


Grafikon 4: Odvisnost končne cene stanovanjskega objekta na enoto površine od skupne tlorisne površine (simbolična slika)

Na podlagi predstavljenih raziskav in uporabljenih metod obdelave podatkov iz različnih člankov se da uvideti določene podobnosti in jasne razlike, kljub temu, da nisem še predstavil rezultatov posameznih analiz. V vseh člankih so bile ankete glavni vir pridobivanja potrebnih podatkov. Tudi Stoy je neposredno z uporabo ugotovitev drugih raziskav uporabil te podatke. Pomembno je tudi dejstvo, da so si pri obdelavi podatkov in projektov pomagali z razčlenitvami v različne skupine in tako olajšali pregled rezultatov. Očitne razlike so v načinu obdelave podatkov, ki so jih imeli na razpolago in so predstavljene v zgornjem tekstu.

4.2 Predstavitev rezultatov obravnavanih modelov

Predstavljene metode nič ne koristijo, če ne dajo rezultata, ki upraviči njihovo uporabo. S primerjavo rezultatov bom predstavil prednosti in slabosti posamezne metode. Začel bom z analizo rezultatov, raziskave Elhaga in soavtorjev (2004). Rezultati Kendallovega testa so se gibali med 0,88 in 0,98, kar potrjuje to, da so inženirji, ki ocenjujejo količine pri projektih pri faktorjih, ki vplivajo na ceno projekta, podobnega mišljenja.



1. Karakteristike investitorja
2. Svetovalski in projektantski parametri
3. Izvajalčeve lastnosti
4. Specifike projekta
5. Izvajalčeve metode dela in njegovi načini pridobivanja surovin
6. Zunanji faktorji in razmere na tržišču

Avarage severity indices oz. Povprečni indeks resnosti (Elhag, T. M. S., Boussabaine, A.H., Ballal, T. M. A. 2005. Critical determinants of construction tendering costs: Quantity surveyors' standpoint. Internation journal of project management 23: str. 543)

Iz preglednice je razvidno, da QS-i pripisujejo arhitektom in projektantom večji vpliv na končno ceno, kot pa podjetju, ki bo izvajalo gradbena dela. Prva kategorija je po mnenju strokovnjakov manj pomembna in nima bistvenega vpliva na ceno, saj sta le dva parametra med deseterico najpomembnejših dejavnikov. Ostale spremenljivke se gibajo višje na lestvici. Spremenljivka, ki je uvrščena najvišje, je seveda zahteva investitorja po hitrosti gradnje. Višja hitrost gradnje zahteva več strokovnega osebja in delavcev na gradbišču, kar ustrezno viša ceno.

Naslednja kategorija je tista, ki ima največji vpliv na gibanje cene projekta. Kategorija, ki opisuje vpliv svetovalcev in projektantov, ima le osem dejavnikov, a so kar štiri v deseterici najpomembnejših dejavnikov. Prvo mesto zaseda odsotnost sprememb v projektih, sledita na četrtem mestu razsežnost sprememb na projektu in stopnja dovršenosti (projektantski in arhitekturni načrti) ter na sedmem mestu natančnost načrtov. Tovrstni dejavniki so podvrženi bolj subjektivnemu mnenju in posledično težje določljivi, dražji in časovno zamudni. Naslednja kategorija opisuje dejavnike, odvisne od izvajalca gradbenih del. Ta skupina je sestavljena iz osemnajstih dejavnikov, pri čemer je najvišje mesto (skupno drugo) zasedla postavka - sestava vodstva gradbišča (izkušenos, delavnost, strokovnost). Tako visoka postavitev ni presenečenje, saj dela bolj izkušena ekipa manj napak in ima več stalnih sodelavcev, ki jih ne bodo pustili čakati ter tako upočasnili delo na gradbišču. Visoka mesta

sta zasedli tudi postavki o izkušeniosti s podobnimi projekti (13.) in sposobnost planiranja (20.).

V skupini karakteristike projekta je sedemnajst dejavnikov, pri čemer so najvišje postavljeni: kompleksnost projekta (8.), število nivojev pod zemljo (12.) in stopnja poznavanja terena (14.). Ta skupina vsebuje tudi eno zanimivost, ki jo je možno zaslediti tudi pri nekaterih drugih študijah (Nkado, 1995) in sicer ta, da je velikost projekta kot vplivni faktor na ceno šele na tridesetem mestu. Ena izmed razlag je ta, da so strokovnjaki gledali ceno kot na enoto površine, kjer velikost resnično nima tako velikega vpliva. Skupino, ki opisuje izvajalčeve metode dela in njegove načine pridobivanja surovin, sestavlja sedem spremenljivk. Ta skupina nima postavk, ki bi bistveno vplivale na ceno, saj je najvišja postavka šele na enaindvajsetem mestu. Zadnja skupina, ki opisuje zunanje faktorje in razmere na tržišču, vsebuje devet faktorjev. Postavka, ki jo raziskava (Elhag in soavtorji, 2004) uvršča najvišje, je stopnja konkurence in količina dela (9.), za njo pa so še cena materiala (17.), cena delavcev (19.) in stabilnost tržišča (33.). Če gledamo skupino kot celoto ima majhen vpliv na ceno, saj so ostale postavke na repu razpredelnice.

Rezultat raziskav turških raziskovalcev (Tas in soavtorji, 2005) je pokazal, da izbrane skupine del (CSWP – Cost Significant Work Packages; stroškovno najpomembnejše skupine postavk) prispevajo cca. 82% k končni ceni. Ob tem je potrebno povedati, da je 21 projektov premalo, da bi lahko ustvarili funkcionalen model za analizo. Članek v nadaljevanju razlaga štiri osnovne korake pri upravljanju s programom BMBS, ki so: a) vnos osnovnih karakteristik projekta in popisa del; b) iskanje podobnih projektov v bazi podatkov; c) določitev stroškov; d) analiza stroškov. V zaključku so model testirali na dodatnih 20-ih projektih s podobnimi lastnostmi. Napake so se gibale med -16.6% in +8,58% in preračunali so, da so skupine postavk, ki so jih izločili, prispevale 77,8% k končni ceni.

Korejski članek (An in soavtorji, 2005) je pokazal, da je najboljša metoda uporaba kombinacije AHP-CBR, ki je dala napako (MAER – mean absolute error rate) manjšo od 10% za več kot 90% primerov. Sledi mu analiza GDM-CBR, ki ima 87,5% projektov znotraj napake 10%. Najslabše rezultate je dala analiza EW-CBR, kjer je le 85% projektov bilo znotraj napake 10%. Največja napaka, ki se je pojavila pri AHP-CBR metodi je bila 17,5%, medtem ko pri drugih dveh metodah je dosegla tudi vrednost 20%. Slednje jasno kaže, da uteži določene na podlagi izkušenj dajo najboljšo aproksimacijo končne cene.

Raziskava Emsley in soavtorjev (2001) kaže, da da najboljše rezultate analiza z vsemi spremenljivkami, saj so bile razlike med ocenjenimi in dejanskimi stroški manjše od 16,6%. Ostala dva modela dasta rezultate, zelo podobne linearni regresiji.

Preglednica 9: Rezultati modela linearne regresije (Emsley in soavtorji, 2001)

	Cena na m ²		Log cene na m ²		Log cene	
	R ²	MAPE	R ²	MAPE	R ²	MAPE
LR za naprej	0,668	20,8%	0,648	20,0%	0,644	20,1%
LR za nazaj	0,666	21,7%	0,661	19,3%	0,661	19,3%

Preglednica 10: Rezultati modela nevronske mreže (Emsley in soavtorji, 2001)

	Cena na m ²		Log cene na m ²	
	R ²	MAPE	R ²	MAPE
Pet spremenljivk	0,564	20,3%	0,586	18,3%
Devet spremenljivk	0,688	20,1%	0,685	18,6%
Vse spremenljivke	0,789	16,6%	/	/
Reducirane spremenljivke	0,665	22,7%	/	/

[R² = stopnja ujemanja regresijske linije z znanimi podatki,

MAPE = srednji absolutni procent napake]

Zanimiva ugotovitev je ta, da če hočemo boljšo oceno cene na enoto površine, bomo uporabili istoimensko analizo, saj ima manjši R². Velja tudi nasprotno, če hočemo boljšo oceno cene celotnega projekta, bomo uporabili rezultate logaritma cene m², saj ta model zmanjša razlike zaradi velikosti. Kljub temu, da napaka ni bistveno zmanjšana, je model pokazal, da se spremenljivke obnašajo tudi nelinearno, model pa je to sposoben zaznati.

Primerjalna analiza pokaže, da dasta modela Emsley in soavtorjev (2001) ter Tasa in soavtorjev (2005) podobno napako, reda velikosti okoli 16%. Korejski članek (2005) da precej boljši rezultat, saj je napaka ocene manjša od 10% za več kot 90% projektov. Menim, da je takšen rezultat posledica velike baze podatkov in uspešnega vrednotenja spremenljivk s

pomočjo eksperktne osebe. To dokazuje dejstvo, da velika baza podatkov veliko prispeva k izboljšanju rezultata, saj so korejski znanstveniki s samo devetimi spremenljivkami uspeli močno zmanjšati napako. Emsley in soavtorji so uspeli zbrati velik vzorec, vendar jim napake ni uspelo zmanjšati na manj kot 16%. Ta napaka bi bila sicer sprejemljiva, vendar moramo upoštevati tudi dejstvo, da zahteva model določitev 41 spremenljivk, kar pomeni precej dela.

Na plano prideta dve vprašanji:

- a) Ali je metoda uporabljena v Koreji (AHP-CBR) toliko boljša od nevronske mreže? in
- b) Ali se cene med izvajalci v Koreji manj razlikujejo med projekti kot v Angliji?

Za odgovor na ti dve vprašanji bi bile potrebe dodatne analize, katerih nimamo na razpolago. Zanimiva je tudi ugotovitev, da turški članek doseže podoben rezultat kot Emsley, kljub temu, da so imeli na razpolago izredno majhen vzorec. Vsa navedena dejstva prikazujejo težave, ki jih srečujejo raziskovalci na področju določevanja cene projektov v začetnih fazah projekta. Na podlagi obravnavane literature težko določimo metodo, ki je najbolj uspešna pri zmanjševanju napake, saj so raziskave temeljile na različno velikih vzorcih, pa tudi razmere se med državami precej razlikujejo.

Iz navedenih dejstev sklepam, da je metoda, ki jo je razvil Stoy (2008) verjetno najuspešnejša v oceni cene. Nemški članek nadaljuje delo Emsley in sodelavcev, ki so sami že dobro predelali vse spremenljivke z različnimi programi. V nadaljevanju se bom zato osredotočil na model, ki ga predlagajo Stoy in soavtorji.

5. PREDSTAVITEV MODELA STOY

Stoy in soavtorji obravnavanega članka želijo izboljšati metodo za določitev cene projekta v zgodnji fazi. V Nemčiji segajo napake tudi do 30% pri določitvi cene in to je Stoy s kolegi želel izboljšati. Uporabili so nekaj spremenljivk, s katerimi so razvili model za določitev stroškov stanovanjskih objektov. Postavili so si dve vprašanji:

- Katere so spremenljivke, ki najbolj vplivajo na končno ceno?
- Koliko te spremenljivke vplivajo na končno ceno?

Študija temelji na regresijskem modelu, ki prikazuje povezave med spremenljivkami in končno ceno. Osnovo za raziskavo sta predstavljali študiji Thalmanna (1998) in Wheaton ter Simontona (2005), ki so prikazali gibanje na gradbenem tržišču v določenem časovnem obdobju. Pomagali so tudi pri določitvi spremenljivk, ne pa tudi pri izračunu končne cene gradbenega projekta. Za slednje so uporabili študijo (Emsley in soavtorji, 2001), ki se zaradi kompleksnosti in premajhne natančnosti na tržišču ni uveljavila.

Pred začetkom analize projektov je treba definirati pomen spremenljivk in pojem cene gradnje projekta. Obrazložitev najdemo v nemških standardih za določitev stroškov gradnje DIN 276 (1993), ki vključujejo razlago spremenljivk iz tabele.

Preglednica 11: Določitev cene gradbenega projekta (DIN 276, 1993)

Objekt – gradbena dela									Objekt - instalacije								
Izkop	Temeljenje	Zunanji zidovi	Notranji zidovi	Tla in stropi	Streha	Instalacije	Konstruksijska oprema	Drugo	Sistemi fekalne in meteorne vode ter plina	Sistem ogrevanja	Ventilacijski sistem	Električna napeljava	Telekomunikacija in drugi sistemi komunikacije	Transportni sistemi	Dodatna oprema v odvisnosti od funkcije objekta	Objektna avtomatizacija	Drugo

V standardu niso vključene: cena zemljišča, stroški financiranja tekom gradnje, stroški vodenja gradbišča in denarne nagrade.

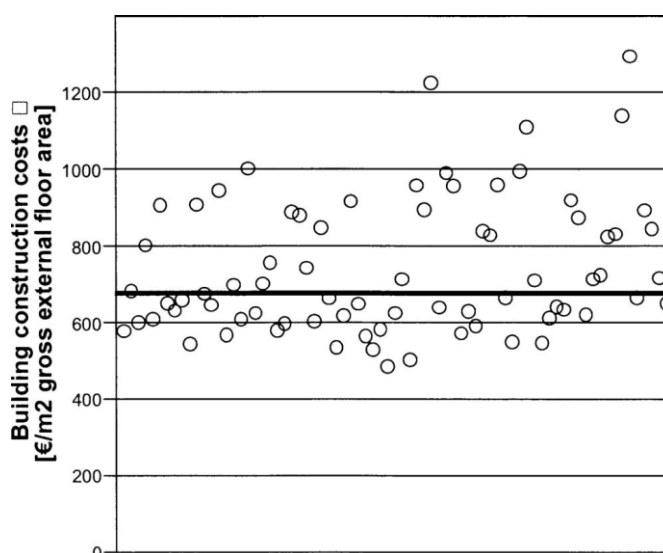
Omenil sem že, da so Stoy in soavtorji za svojo študijo uporabili različne študije drugih znanstvenikov (Preglednica 12) in z njihovo pomočjo uspeli določiti spremenljivke, ki največ prispevajo k natančnosti določitve končnih stroškov.

Preglednica 12: Študije, ki so pomagale Stoy-u in sodelavcem pri izdelavi modela (Stoy in soavtorji, 2008)

Študija	Število projektov	Lastnosti modela	Spremenljivke
Thalman (1998)	15 projektov (stanovanjskih)	Regresija (semi-log)	<ul style="list-style-type: none">• Uporabna kvadratura objekta• Površina zidu, ki je pod zemljo• Površina odprtih na fasadi• Leto izgradnje
Elhag in Boussabaine (1998)	30 projektov (šole)	Nevronska mreža	<ul style="list-style-type: none">• Vrsta konstrukcije (osnovna ali srednja šola)• Bruto tlorisna površina• Število nadstropij• Trajanje gradnje
Emsley (2002)	288 projektov	Nevronska mreža in regresija (linearna in semi-log)	<ul style="list-style-type: none">• Karakteristike objekta• Karakteristike terena• Karakteristike načrtov
Picken in Ilozor (2003)	36 projektov (stanovanjskih)	Linearna regresija	<ul style="list-style-type: none">• Višina objekta (>100m)
Elhag (2005)	Literatura in intervjuji	/	<ul style="list-style-type: none">• Lastnosti investitorja• Lastnosti projektantov in arhitektov• Karakteristike izvajalca• Lastnosti projekta• Delovanje izvajalca in načini dobave• Zunanji faktorji in razmere na tržišču
Li (2005)	30 projektov (pisarne)	Linearna regresija	<ul style="list-style-type: none">• Vrsta okvirja• Kvadratura objekta• Višina objekta• Povprečna kvadratura nadstropja
Love (2005)	161 projektov	Regresija (log-log)	<ul style="list-style-type: none">• Trajanje gradnje• Bruto tlorisna površina
Wheaton in Simonton (2005)	42340 stanovanj in 18469 pisarn	Regresija (semi-log)	<ul style="list-style-type: none">• Število nadstropij• Velikost• Število enot• Vrsta okvira• Leto izgradnje

Analiza zgoraj navedenih študij je dala kot rezultat vrsto spremenljivk, ki jih je bilo potrebno ovrednotiti. Nalogo so zaupali petnajstim nepremičninskim agentom, arhitektom, stroškovnim planerjem in QS-om. Le-ti so odstranili nepomembne dejavnike in dodali še tiste, ki so bili po njihovem mnenju bili izpuščeni (npr. material uporabljen za posamezne elemente). Rezultat je bil določitev in razvrstitev devetdesetih spremenljivk.

Vzorec za analizo je sestavljen iz petinsedemdesetih stanovanjskih objektov, ki so bili zgrajeni med leti 1975 in 1999. Da bi bili podatki lahko primerljivi med seboj, so cene poenotili ter indeksirali, tako da so ustrezali cenam na tržišču leta 2004. Pri tem so se sklicevali na dokumente Nemškega Urada za statistiko. V cene je bil vključen tudi ustrezen davek. Merska enota za vrednost nepremičnine je podana v evrih in površine objekta v m². Povprečni vrednosti teh dveh količin sta 797780 € in 1054 m². Podrobnejša analiza cen je pokazala, da je povprečna cena za m² enaka 676 €. Površina, ki nas zanima, vključuje vse predelne stene in nosilne zidove, ne upoštevajo pa se neuporabna podstrešja in površine, kjer ni možno stati (npr. prostori pod stopnicami). Spodnja slika (*Cena na m²bruto uporabne površine za vsak projekt*) jasno prikazuje razpršenost rezultatov in vidno je, da zlasti zgornji rezultati pri nekaterih projektih močno odstopajo od povprečja. Najnižja vrednost znaša 610 €/m², kar je le 66 €/m² manj, za razliko od zgornje meje, ki je za 205 €/m² višja od povprečja in sicer 881 €/m².



Building construction costs oz. Cena na m²bruto uporabne površine za vsak projekt (Stoy, C., Pollalis, S., Schalcher, H.-R. 2008. Drivers for cost estimating in early design: a case study of residential construction. ASCE Journal of construction engineering and management 39: str. 34.)

Rezultati so pokazali, da so bili pridobljeni podatki izredno dobri, saj so vsi izvirali iz enega vira, in niso bile uporabljene različne metode za analizo stroškov kot pri študiji Emsley in soavtorjev (2001). Drugi razlog za zadovoljstvo je bilo dejstvo, da so bili vsi podatki posameznih objektov pregledani s strani Nemškega urada za statistiko, s čimer je bila njihova verodostojnost potrjena. To pomeni, da so cene, ki so bile podane izražale dejansko stanje končanega objekta.

Ustreznost modela so preverjali na dva načina:

- Analizirali so absolutno razliko med dejanskimi in predvidenimi stroški. Razlike morajo biti kar se da nizke za vse opazovane projekte.
- Z naključnim generatorjem je bilo izbranih pet testnih projektov, ki so jih ločili od ostalih z namenom, da se v kasnejših fazah razvoja modela uporabi za njegovo verifikacijo.

Za razvoj primerne regresijskega modela pride v poštev več možnosti. Uporabi se lahko semi-log ali linearni model, odvisno od tega, ali hočemo dobiti ceno celotnega projekta ali ceno na m². Predhodne študije so pokazale, da semi-log model poda najboljše rezultate, saj je pet testnih projektov dalo napako med dejansko in predvideno ceno med 12% in 13%. Rezultati pokažejo tudi R² vrednosti 0,737 (popravljen pa 0,712) in absolutno povprečno napako 9,6%. Kakovost modela lahko tako ocenimo kot relativno dobro.

Preglednica 13: Rezultati petih testnih projektov (Stoy in soavtorji, 2008)

Številka projekta	Dejanska cena [€/m ² bruto tlorisnih površin]	Predvidena cena [€/m ² bruto tlorisnih površin]	Razlika [%]
7	652	639	2%
22	580	651	-12%
25	881	763	13%
42	896	912	-2%
71	666	709	-7%

Razviti model vključuje šest neodvisnih spremenljivk:

1. Kompaktnost objekta [m^2 zunanjih zidov/ m^2 bruto tlorisni površini objekta] $\rightarrow x_1$
2. Število dvigal $\rightarrow x_2$
3. Velikost objekta $\rightarrow x_3$ [površina/1000 m^2]
4. Čas gradnje [meseci] $\rightarrow x_4$
5. Delež odprtín ((zunanja okna + vrata + prefabricirani fasadni elementi)/zunANJI zidovi * 100) [%] $\rightarrow x_5$
6. Regija $\rightarrow x_6$

Spremenljivke vključimo v enačbo, v kateri so parametri empirično določeni in ki da kot rezultat ceno na m^2 na bruto tlorisne površine y :

Pomembnost spremenljivk pada od $x_1 \rightarrow x_6$. Možna je primerjava z razvrstitvijo, ki so jo naredili anketirani strokovnjaki. Iz preglednice 14 je vidno, da so v modelu uporabili štiri spremenljivke, ki so jih raziskovalci uvrstili med deset najbolj pomembnih faktorjev.

Preglednica 14: Vrstni red pomembnosti spremenljivk uporabljenih v modelu (Stoy in soavtorji, 2008)

	Razvrstitev strokovnjakov	Razvrstitev v modelu Stoy-a
Vrsta uporabe objekta (stanovanja, pisarne, šola,...)	1.	Konstanta
Stopnja finalnih del (uporabljeni materiali in št. predelnih sten)	2.	Ni relevantno
Stopnja tehničnih instalacij	3.	x_2
Povprečna višina nadstropij	4.	Ni relevantno
Regija	5.	x_6
Število nadstropij	6.	Ni relevantno
Material uporabljen za zunanje stene	7.	Ni relevantno
Absolutna velikost [bruto tlorisna površina]	8.	x_3
Kompaktnost objekta	9.	x_1
Posebne zahteve	10.	Ni vključeno
Delež odprtín	13.	x_5
Trajanje gradnje	36.	x_4

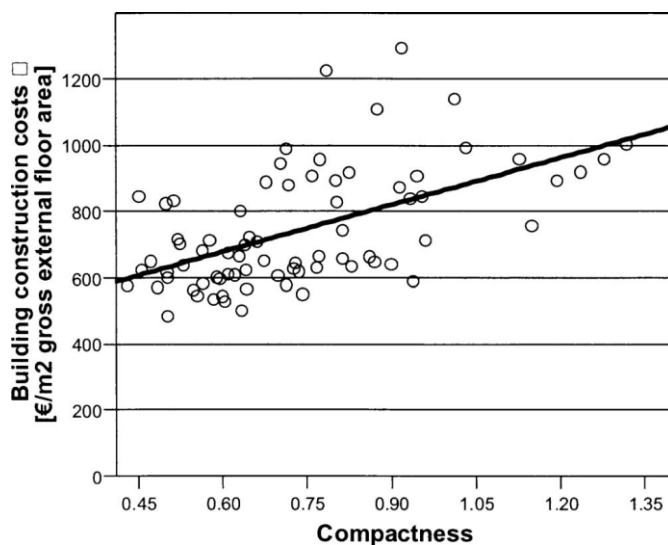
5.1 Vpliv spremenljivk na obnašanje modela

5.1.1 Kompaktnost objekta

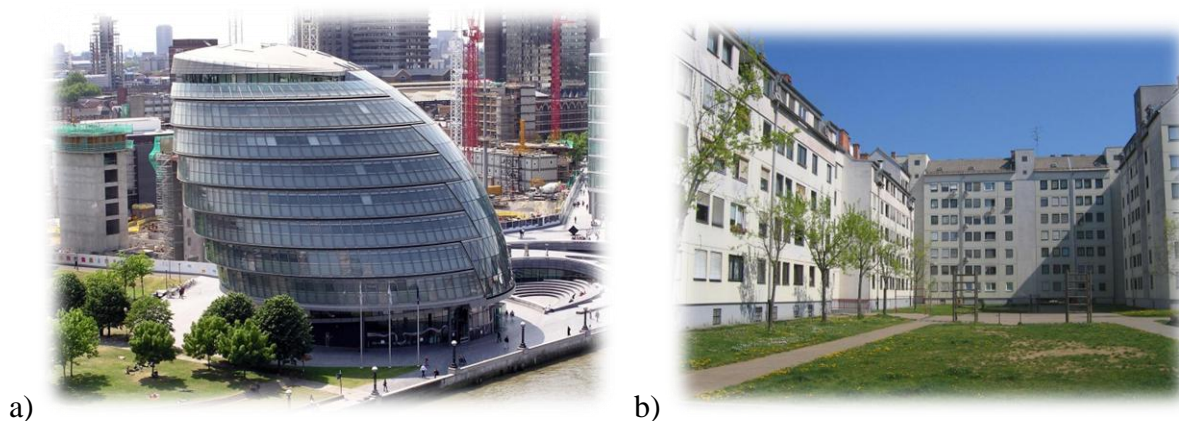
Kompaktnost objekta (x_1) je opisana kot razmerje med površino zunanjih zidov in bruto tlorisno površino objekta. Odvisnost med ceno na m^2 bruto tlorisne površine in kompaktnostjo objekta za primere, ki so jih zbrali Stoy in soavtorji (2008) je prikazana na spodnji sliki.

Vidimo lahko, da ima ta spremenljivka velik vpliv na ceno objekta (enačba 13):

- Če kompaktnost (x_1) povečamo za 0,15 enot in iz enačbe 13 vzamemo le člen, ki vključuje x_1 , lahko vidimo, da cena na enoto (v primeru kompaktnosti je to vrednost 0,15) naraste za približno 11%



Building construction costs and compactness of the building oz. Odvisnost med ceno in kompaktnostjo projektov uporabljenih v raziskavi (Stoy, C., Pollalis, S., Schalcher, H.-R. 2008. Drivers for cost estimating in early design: a case study of residential construction. ASCE Journal of construction engineering and management 39: str. 36.)



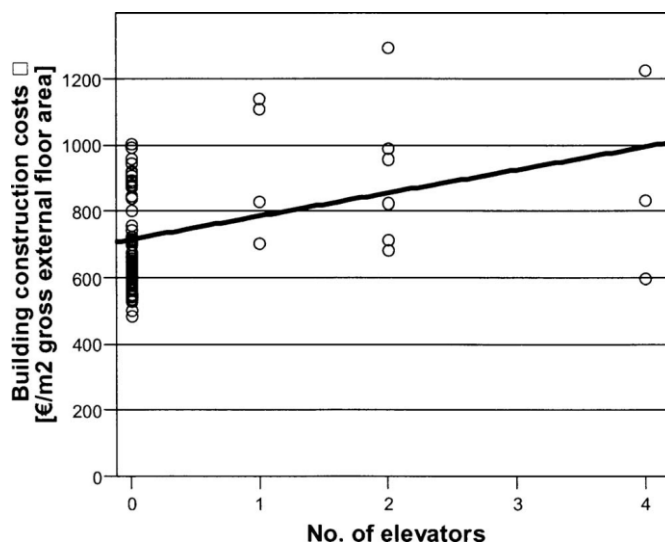
Slika 2: a) Stavba z nizkim kompaktnostnim faktorjem (<http://www.skyscrapercity.com>) in
b) Stavba z visokim kompaktnostnim faktorjem (www.fullflow.com/casestudies/specialist/)

Za ilustracijo parametra »kompaktnost« predstavljam na sliki 1 dve stavbi z različno kompaktnostjo. Slika a) predstavlja sliko stavbe z velikim deležom zunanjih zidov in majhnim deležem uporabnih površin. Večstanovanjska stavba b) pa ima veliko bivalnih površin in majhno površino izpostavljenih zunanjih zidov.

5.1.2 Število dvigal

Podobno kot kompaktnost objekta vpliva na ceno objekta tudi število dvigal. Korelacija je pozitivna; večje kot je število dvigal glede na tlorisno površino, višja bo cena bruto tlorisne površine, ki bo izhajala iz modela.

- Če povečamo število dvigal za eno enoto, se bo cena objekta na enoto uporabne površine zvišala za cca 15%, kot to prikazuje spodnja slika.



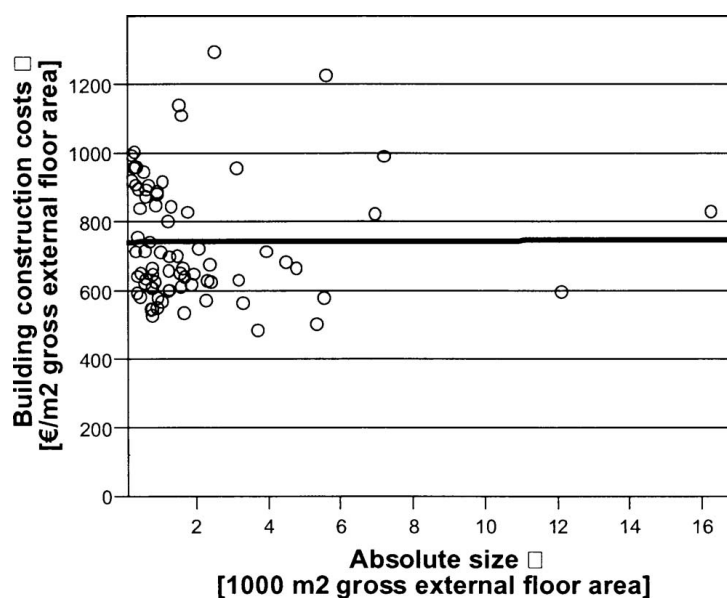
Building construction costs and number of elevators oz. Odvisnost med ceno in številom dvigal(Stoy, C., Pollalis, S., Schalcher, H.-R. 2008. Drivers for cost estimating in early design: a case study of residential construction. ASCE Journal of construction engineering and management 39: str. 37.)

Povprečen objekt obravnavanega vzorca ima 1000 m² bruto tlorisne površine in ceno 680 €/m² površine. Če bi ta objekt pridobil dodatno dvigalo (kar bi povečalo udobje stanovalcev), bi se cena dvignila na približno 783 €/m². To pomeni, da bi se cena celotnega objekta povečala za 100000 €.

5.1.3 Velikost objekta

V nasprotju s predhodnima parametroma ima velikost objekta negativni učinek na ceno enote bruto tlorisne površine. Takšen učinek smo lahko pričakovali, to pa iz več razlogov. Prvi je gotovo ekonomija obsega oz. dejstvo, da se lastna cena pri velikih količinah (tlorisne površine) zniža. Zmanjšanje lastne cene je rezultat večje produktivnosti delavcev, ki zaradi večjih količin večkrat ponovijo enaka dela na gradbišču. Temu ustrezna (torej nižja, t.im. količinski popust) je lahko tudi ponujena cena.

- Enačba 13 pokaže, da vsako povečanje za 1000 m² uporabne površine pomeni zmanjšanje lastnih stroškov za 4% na m²



Building construction costs and absolute size in 1000 m² gross external floor area oz. Odvisnost med ceno in velikostjo objekta (Stoy, C., Pollalis, S., Schalcher, H.-R. 2008. Drivers for cost estimating in early design: a case study of residential construction. ASCE Journal of construction engineering and management 39: str. 37.)

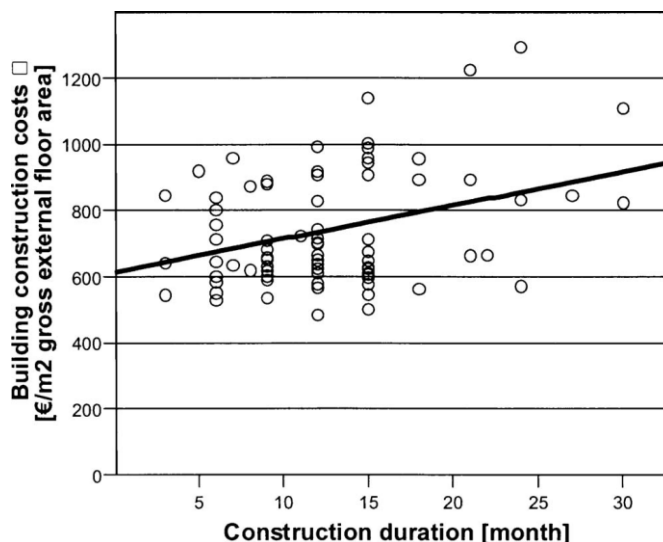
Za ponazoritev predstavljene odvisnosti upoštevajmo objekta s tlorisnima površinama 1000 in 2000 m². Če je cena prvega objekta na enoto tlorisne površine 680 €/m², je ob nespremenjenih drugih okoliščinah cena drugega objekta nižja za cca. 4% oz. 651 €/m².

Vzorec, ki je bil uporabljen v predstavljeni študiji, vključuje nekaj večjih objektov. Možno je, da le-ti močno vplivajo na rezultate regresivne analize, vendar tega ne moremo ne potrditi in ne zanikati. Dodatna analiza je pokazala, da dobimo podobno formulo tudi brez upoštevanja večjih projektov, zato so v analizo bili vključeni vsi projekti.

5.1.4 Čas gradnje

Gradbeni projekti gredo skozi različne faze. Začne se z idejo in pripadajočo zasnovo ter nadaljuje s preliminarnimi študijami, planiranjem, projektiranjem, upravnimi postopki in oddajo del. Sledi faza gradnje, ki je tudi razdeljena na gradbena dela, instalacijska in obrtniška dela ter na koncu predaja objekta. Spremenljivka x_4 zajema zgolj fazo gradnje, katera je definirana od začetka del na gradbišču in vse do predaje objekta (zaprtje gradbišča).

- Iz analize razpoložljivih empiričnih podatkov sledi, da prispeva zmanjšanje trajanja gradnje za en mesec približno 1% k znižanju cene na m^2 bruto tlorisne površine



Building construction costs construction duration oz. Odvisnost med ceno in trajanjem gradnje (Stoy, C., Pollalis, S., Schalcher, H.-R. 2008. Drivers for cost estimating in early design: a case study of residential construction. ASCE Journal of construction engineering and management 39: str. 37.)

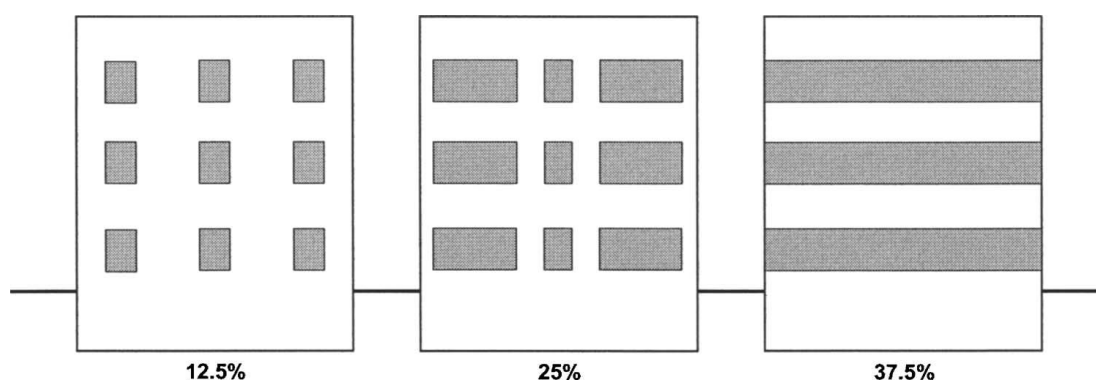
Rezultat je presenetljiv, saj zahteva skrajšanje časa gradnje previloma povečanje osebja in mehanizacije, kar pa ima svojo ceno. Izvajalec mora opraviti temeljiti izračun, če se mu izplača skrajšati rok in si tako z morebitnim bonusom iz strani investitorja pokrije stroške, ali gradnjo podaljšati čez rok. Penali, ki jih izvajalec mora plačati, so včasih nižji, kot pa stroški,

ki bi prinesli izvajalcu povečanje osebja za doseg roka. Vsi tej dejavniki so odvisni od pogodbe, pa tudi značaja posameznikov, ki so odgovorni za njeno izvajanje.

Iz teoretičnega vidika sta velikost projekta in trajanje gradnje med seboj povezani, zato bi lahko rekli, da ti dve spremenljivki ne bi smeli biti vključeni v model skupaj. Kljub temu sta bili obe spremenljivki vključeni v model, to pa zato, ker bi nam v primeru vključitve le ene dale statistične analize dva različna modela, ki bi delovala na zelo podoben način.

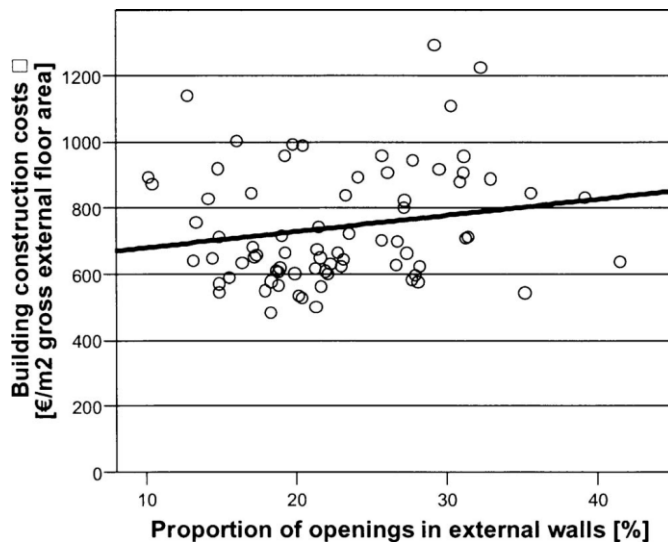
5.1.5 Deleži odprtín

Ta parameter zajema odstotek površine, ki ga predstavljajo vrata, okna in prefabricirani elementi na zunanjih zidovih. Večji kot je delež teh površin, dražji je m^2 izgotovljenega objekta. Razlog za dvig cene je višja cena za vgradnjo teh elementov v primerjavi s ceno, ki bi znesla, če bi bila tista površina zazidana. Spremenljivka se v obravnavanem vzorcu giblje od 10 do 41 %. Slednje si lahko lažje predstavljamo s pomočjo, spodnje slike, kjer so prikazane tri fasade z različnim deležem odprtín.



Three examples of proportions of openings in external walls oz. Tri primeri deleža pokritosti zastekljenih površin (Stoy, C., Pollalis, S., Schalcher, H.-R. 2008. Drivers for cost estimating in early design: a case study of residential construction. ASCE Journal of construction engineering and management 39: str. 38.)

- Iz izraza, ki je dobljen na osnovi empiričnih podatkov (enačbe 13) se izkaže, da 10% povečanje odprtín in prefabriciranih elementov predstavlja zvišanje cene na m² za 9%



Building construction costs and proportion of openings oz. Odvisnost med ceno in deležom odprtín (Stoy, C., Pollalis, S., Schalcher, H.-R. 2008. Drivers for cost estimating in early design: a case study of residential construction. Journal of construction engineering and management 39: str. 37.)

Povprečen stanovanjski objekt s 1000 m² tlorisne površine in ceno 680 €/m² ima povprečno 25% zunanje površine prekrito z odprtínami. Zmanjšanje deleža odprtín za 12,5%, bi pomenilo znižanje cene na 608 €/m² (torej za 10,6%, kot kaže enačba 19 → 100 – 89,4 = 10,6).

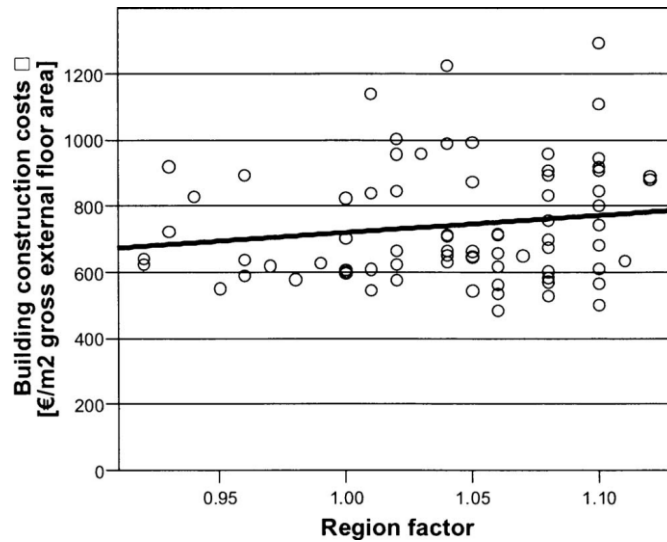
Podobno se zgodi z zvišanjem deleža odprtín za 12,5%, kjer bi cena narasla za skoraj 12% oz. na 761 €/m².

5.1.6 Faktor regije

Stroški dokončane stavbe so odvisni tudi od geografskega območja, kjer se objekt nahaja. V razvitejših delih sveta je cena dela in storitev višja, prav tako so od lokacije objekta odvisne cene gradbenih materialov in proizvodov zaradi različnih cen vhodnih materialov, energije in transporta. Razlike v ceni dokončanega objekta nastajajo na svetovnem merilu, znotraj posameznih kontinentov pa tudi znotraj držav. Da lahko cene stavb primerjamo, vpeljemo faktor regije.

Faktor regije prikazuje spremembo v ceni glede na regijo, kjer bo obravnavana stavba stala. Analize tega faktorja so z leti prikazane za Nemčijo na BKI strani (<http://www.bki.de/>). To je baza podatkov v Nemčiji, kjer so zbrane vse cene v povezavi z gradbeništvom. Pri nas bi nekatere izmed teh podatkov dobili v Gospodarski zbornici. Določitev tega faktorja vsekakor ni preprosta, saj mora upoštevati in ustrezno primerjati vse dejavnike (ceno gradbenega materiala, ceno gradbenih storitev, razvitost regije, ipd.), ki vplivajo na ceno objekta. Vrednosti faktorja regije se v Stoyevi raziskavi gibljejo od 0,92 do 1,12. To pomeni, da če bi za 1 m³ betona na področju s faktorjem regije 0,92 plačali 100€, bi na področju s faktorjem 1,12 plačali 21,7% več, kar je 121,7€.

- Rast faktorja regije za 0,1 enote pomeni rast cene za približno 6%



Building construction costs and faktorjem regije oz. Odvisnost med ceno in faktorjem regije (Stoy, C., Pollalis, S., Schalcher, H.-R. 2008. Drivers for cost estimating in early design: a case study of residential construction. ASCE Journal of construction engineering and management 39: str. 38.)

6. UPORABA MODELA STOY

V tem poglavju bom preveril uporabnost modela, ki ga predlaga Stoy, na dveh slovenskih primerih večstanovanjskih objektih, ki sta že zgrajena. Ugotoviti želim, ali se da nemški model uporabiti tudi v slovenskih razmerah. Razlike v rezultatih bom analiziral in poskusil ugotoviti, zakaj je prišlo do razlik. V prvem koraku je potrebno določiti vrednosti vseh spremenljivk, ki so vključene v model, nato pa s pomočjo modela izračunati oceno stroškov ter primerjati z dejansko doseženimi.

V drugem koraku bom izvedel analizo občutljivosti posameznih spremenljivk modela, ter na podlagi tega poskusil modificirati spremenljivke in empirično določene koeficiente tako, da se napaka oz. razlika med predvideno in dejansko ceno zmanjša.

6.1 Predstavitev projektov in izračun spremenljivk

6.1.1 Objekt A

Objekt A je večstanovanjska stavba na področju obalne regije, ki je bila zgrajena leta 2005 po naročilu Stanovanjskega sklada Republike Slovenije. Stavba ima šest nivojev, pri čemer je eden pod nivojem terena. Nosilna konstrukcija je iz armiranega betona tipa eksoskelet. Temelji so v več nivojih, pri čemer je najnižja točka 3,6 metrov pod tlemi in najvišja 1,1 meter pod nivojem terena (Priloga A). V vsakem nadstropju je šest stanovanj. Najmanjše stanovanje ima 30,3 m² uporabne površine, največje pa 74,2 m² bivalnega prostora. Objekt je opremljen z enim dvigalom in dvoramnimi stopnicami, ki povezujejo vse nivoje v stavbi. Vsako stanovanje je opremljeno z vsaj enim balkonom posebne oblike, kar daje stavbi zanimiv videz. Arhitekt je tudi fasado naredil izredno zanimivo očesu in s posebno obliko balkonov spremenil tradicionalni zunanji videz stavbe (slika 1). Nekaj tipičnih prereзов in tlorisov se nahaja v prilogah od A do D, ki dajejo boljšo predstavo o zgradbi objekta.

Dejanska cena izvršenih del je bila cca. 1.540.000,00 € z DDV-jem. Glavne postavke so razdeljene na:

- a) Gradbena dela
- b) Obrtniška dela
- c) Zunanja kanalizacija
- d) Elektro instalacije
- e) Strojne instalacije
- f) Hišni vodovodni priključek
- g) Dvigalo



Slika 3: Stranski pogled na objekt A

Bruto tlorisna površina stavbe znaša 2670,7 m². Investitorja je vsak m² bruto tlorisne površine tedaj stal:

Za določitev cene objekta s pomočjo modela "Stoy" je potrebno določiti vse spremenljivke; kompaktnost objekta, število dvigal, velikost objekta, trajanje gradnje, delež odprtih in faktor regije.

a) Kompaktnost objekta

Za izračun potrebujem površino zunanjih zidov, ki jo bom označil s $S_{\text{zunanjih zidov}}$ in bruto tlorisno površino stavbe, ki jo bom označil s ΣA_{TAL} .

Preglednica 15: Sestava površin zunanjih zidov Objekta A

Površina zunanjih sten pod terenom	273,54 m ²
Zastekljene površine zunanjih sten	423,42 m ²
Ostale površine zunanjih sten	1886,78 m ²
Σ	$S_{\text{zunanjih zidov}} = 2583,74 \text{ m}^2$

Preglednica 16: Bruto tlorisna površina stavbe Objekta A

Klet	316,60 m ²
Pritličje	449,30 m ²
1. Etaža	476,80 m ²
2. Etaža	475,60 m ²
3. Etaža	476,80 m ²
4. Etaža	475,60 m ²
Σ	$\Sigma A_{\text{TAL}} = 2670,70 \text{ m}^2$

Izračun x_1 :

b) Število dvigal

Objekt je opremljen z enim dvigalom $\rightarrow x_2 = 1$ *enačba 24*

c) Velikost objekta

Pri bruto tlorisni površini celotne stavbe $2670,70 \text{ m}^2$ je ta faktor enak:

d) Čas gradnje

Stanovanjski objekt so gradili od 01.07.2004 do 30.06.2005, kar nanese dvanajst mesecev.

e) Deleži odprtín

Zastekljeno površino sem navedel že pri prvi spremenljivki in jo bom označil s $S_{\text{odprtín}}$.

Izračun:

Ta številka nam pove to, da Objekt A nima izredno veliko steklenih površin in ga je shematsko možno prikazati kot prvega izmed primerov, ki so predstavljeni na sliki treh primerov deleža odprtín (str. 48). Za tovrstne bloke, s stanovanji srednjega cenovnega razreda, je ta delež zelo običajen. Objekt je namreč opremljen z okni dimenzij cca. 120x120cm in balkonskimi vrati. Večstanovanjski objekt nima velikih panoramskih oken in velikih steklenih teras, ki povečujejo delež transparentnih delov pri objektih.

f) Faktor regije

Ta faktor za slovenske razmere ni določen. V vzorcu, ki ga je imel na razpolago Stoy, se je ta faktor gibal med vrednostmi 0,92 in 1,12. Držal se bom tega intervala in izbral vrednost 1,05. To vrednost sem izbral zaradi območja, kjer je bil objekt grajen. Obalna regija je namreč dražja od večine drugih področij Slovenije. Področje ima višje cene zaradi bližine morja, velikega obiska turistov in bližine meje s Hrvaško ter Italijo. Menim, da bi lahko izbral celo višjo vrednost, vendar zaradi pomanjkanja podatkov o razlikah cen gradbenih storitev po posameznih slovenskih regijah/pokrajinah takšne izbire ne morem racionalno utemeljiti.

- Cena na m² objekta, določena s pomočjo modela Stoy, je torej:

Razmerje med ocenjeno in dejansko ceno m² površine je:

-
- Analiza rezultata

Izraz (30) pokaže precejšnje razhajanje med napovedjo, ki jo da model, in dejansko doseženo ceno. Razlogov je veliko, poglavitni razlog pa je verjetno ta, da je model narejen po podatkih iz nemškega tržišča, ki ni primerljivo z našim. Ekonomsko – poslovna fakulteta iz Maribora je leta 2006 naredila primerjalno študijo cen in plač med Slovenijo, Nemčijo in Italijo (Beko in soavtorji, 2006), ki zelo jasno prikaže razliko v zaslužkih. Povprečna neto plača Slovenca je bila leta 2006 enaka 771,25 €, medtem, ko je dobil Nемеc kar 2,4 krat več (1856,96 €). Ob tem je povprečna razlika v ceni gradbenega materiala znašala le 1% (Slovenija za 1% cenejša). Drugače je z gradbenimi storitvami, kjer so v Sloveniji cenejši za 30%. Kot izrazito cenejši lahko izpostavimo obrtne storitve in popravila ter prometne storitve (za 49%) in komunalne storitve (za 31%).

Natančnejša analiza cenovnih razhajanj ni mogoča, saj bi bile za to potrebne natančne cene storitev nemških gradbenih podjetij.

6.1.1.1 Parametrična analiza – Objekt A

Da bi ugotovil, kako občutljiv je model na spremembe posameznih vhodnih podatkov oz. parametrov, bom v računu preliminarne ocene stroškov upošteval naslednje spremembe vhodnih podatkov:

a) nižji faktor regije in

b) krajše trajanje gradnje.

Z nižjim faktorjem regije bom opisal znižanje cen storitev gradbenih del in tako se približal slovenskim razmeram. Faktor regije bom zato najprej znižal na spodnjo mejo, ki jo je dobil na podlagi svojega (nemškega) vzorca Stoy. Naslednji ukrep bo skrajšanje trajanja gradnje, saj sem po dodatnih informacijah izvedel, da se je trajanje gradnje končalo dva meseca pred predajo objekta. Povedati je treba, da je cena gradnje realna, saj je bila pogodbeno cena določena po načelu "ključ v roke" in se cena na koncu za investitorja ni dvignila. Če se bo cena še vedno bistveno razlikovala od vrednosti, dobljene z modelom, bom preveril, koliko bi bilo potrebno znižati faktor regije, da bi prišel v območje napake, ki ga obljublja Stoy s svojim modelom.

a) Nižji faktor regije

Faktor bom znižal iz vrednosti 1.05 na 0.92, kar je spodnja meja, ki jo predlaga na osnovi svojega vzorca Stoy.

Razmerje med ocenjeno in dejansko ceno m^2 površine je:

Ob znižanju faktorja regije, je razlika cene med napovedjo modela in dejansko ceno 19%.

b) Krajše trajanje gradnje

Dejanski čas gradnje, x_4 je 10 mesecev.

Razmerje med ocenjeno in dejansko ceno m^2 površine je:

Ob znižanju faktorja - čas gradnje, je razlika cene med napovedjo in dejansko ceno 16%.

c) Analiza občutljivosti za faktor regije

Račun ocene stroškov sem izvedel za različne vrednosti faktorja regije (Preglednica 17). Dobljeni rezultati kažejo, da se razlika med oceno in dejansko vrednostjo ob padcu faktorja regije od 0,90 do 0,82 zmanjša pod 10%.

Preglednica 17: Iterativni postopek iskanja napake manjše od 10%

Faktor regije	€/m ²	Razlika
0,90	661,08	15%
0,85	643,47	12%
0,80	626,33	8,7%
0,82	633,13	9,8%

To pomeni, da je (po Stoyevem modelu) slovenska obala ekvivalentna območju v Nemčiji s faktorjem regije enakim 0,82.

6.1.2 Objekt B

Stanovanjsko poslovni objekt B je lociran na obalni regiji in ne ustreza popolnoma zahtevam modela Stoy. Gre za obnovo obstoječe stavbe, ki je bila kulturno zaščitena in zato se ni smelo porušiti eno od fasad, ostalo pa je bilo popolnoma porušeno in na novo zgrajeno. Stavba tudi ni povsem ustrezna glede svojega namena, saj ima v pritličnih prostorih poslovne prostore, model Stoy pa je bil razvit zgolj za stanovanjsko gradnjo. Omenjene posebnosti bom poskusil upoštevati v moji primerjalni analizi.

Objekt ima štiri nivoje, kjer je najnižji namenjen trgovinam in preostali trije bivanju. Zgrajen je bil leta 2008 po naročilu zasebnega investitorja. Nosilna konstrukcija je kombinacija endo in eksoskeleta. Eksoskeltno nosilno konstrukcijo predstavlja naravovarstveno zaščitena fasada, endoskeltno pa novi predel, ki je opremljeno z veliki panoramski okni. V prvi in drugi etaži je po pet stanovanj različnih velikosti, na vrhu pa eno veliko razkošno podstrešno. Najmanjše stanovanje je veliko zgolj 23,9 m², največje pa je podstrešno stanovanje velikosti 112,3 m². Objekt ni opremljen z dvigalom, kar pomeni, da se eno spremenljivko izključi iz modela Stoy. Objekt je prikazan na prilogah (od E do I).



Slika 4: Pogled novega dela objekta B



Slika 5: Pogled starega dela objekta B

Celotna vrednost izgradnje je bila cca. 983.000,00 € z DDV-jem. Glavne postavke so razdeljene na:

- a) Rušitvena dela – ne upoštevam v mojem modelu
- b) Gradbena dela
- c) Obrtniška dela
- d) Strojne instalacije
- e) Elektro instalacije

Bruto tlorisna površina stavbe znaša 1034,3 m². Cena m² bruto tlorisne površine je torej:

Takoj pade v oči razlika v ceni na m² tlorisno uporabne površine v primerjavi z objektom A. Ob tem velja pripomniti, da dveh stranic ni bilo potrebno zgraditi, saj so uporabili obstoječe stene. Na teh dveh naravovarstveno zaščiteneh stenah so seveda bila izvedena sanacijska dela, kar je tudi bistveno prispevalo k ceni. Opisana dela deloma nadomestijo lastnosti projekta. Večja količina transparentnih odprtín bo prispevala k ceni, ki jo bo podal model Stoy, spremenljivka x_2 pa bo odstranjena z modela.

a) Kompaktnost objekta

Preglednica 18: Sestava površine zunanjih zidov objekta B

Površina zunanjih sten pod terenom	51,11 m ²
Zastekljene površine zunanjih sten	279,31 m ²
Ostale površine zunanjih sten	651,26 m ²
Σ	$S_{\text{zunanjih zidov}} = 981,68 \text{ m}^2$

Preglednica 19: Bruto tlorisna površina objekta B

Pritličje	308,20 m ²
1. Etaža	306,90 m ²
2. Etaža	306,90 m ²
3. Etaža	112,30 m ²
Σ	$\Sigma A_{\text{TAL}} = 1034,3 \text{ m}^2$

Izračun x_1 :

b) Število dvigal

Objekt nima dvigala $\rightarrow x_2 = 0$

enačba 37

c) Velikost objekta

d) Čas gradnje

Stanovanjski objekt so gradili od 06.12.2006 do 26.02.2008, vendar se je zaradi arheoloških izkopanin dejanski začetek gradnje prestavil na maj 2007. To pomeni, da kljub odprtju gradbišča na koncu leta 2006, so z gradbenimi deli začeli šest mesecev kasneje in tako zaključek gradnje prestavili na konec februarja 2008.

e) Deleži odprtín

Zastekljeno površino sem navedel že pri prvi spremenljivki in jo bom označil s $S_{\text{odprtín}}$.

Izračun:

Ta številka nam pove to, da objekt B ima izredno veliko steklenih površin in ga je shematsko možno prikazati kot kombinacijo drugega in tretjega modela med tistimi, ki so narisani na sliki treh primerov zastekljenosti (str. 48).

f) Faktor regije

Že pri prvem objektu sem omenil, da ta faktor za slovenski trg ni jasen. Poskusil bom s faktorjem, ki je rezultiral v napaki znotraj mej v primeru A. Če bo potrebno, jo bom morebiti kasneje spremenil.

- Cena m^2 objekta, določena s pomočjo modela Stoy, je torej:
-

Razmerje med ocenjeno in dejansko ceno m^2 površine je:

V tem primeru model torej končno ceno bistveno podceni.

6.1.2.1 Parametrična analiza – Objekt B

Izkaže se, da je napaka v tem primeru izredno visoka. Kljub temu, da je gradilo isto podjetje kot v prvem obravnavanem primeru, je tu model rezultiral v bistveno nižji oceni od dejanske, za razliko od objekta A, kjer je bila ocena previsoka.

Razloge za takšno razliko lahko le predpostavim. Poglavitni razlog bi lahko bil mesto gradnje, saj je objekt postavljen na eno najdražjih zemljišč v Sloveniji z direktnim pogledom na morje in v središču obalne prestolnice. Kljub temu, da v ceno ni vključena cena zemljišča, lahko domnevam da so se cene storitev povišale zaradi elitne lokacije povišale. Nadalje ne smemo pozabiti, da se dve stranici objekta sploh nista gradili, temveč sta bili le sanirani, kar je znižalo stroške izgradnje. V primeru celovite gradnje bi bila cena verjetno še višja. Sanacija je stala cca. 10.000,00 €, iz cene gradnje pa je bila odšteta tudi postavitvev začasnega podpornega odra, ki je podpiral steni v času gradnje. Objekt ima izredno veliko steklenih površin in to bi lahko bistveno več prispevalo k ceni, kot pa predpostavljeno od modela 9% povišanje v ceni na m^2 za vsakih dodatnih 10% odprtih. Model nadalje ne vključuje kakovosti finalne obdelave, ki v tem primeru ni zanemarljiva, saj je objekt namenjen luksuznim stanovanjem, kjer so materiali uporabljeni za finalno obdelavo izredno dragi. Vse naštetje značilnosti objekta lahko prispevajo k velikemu odstopanju ocene vrednosti objekta od dejanske (enačba 43).

Tudi v tem primeru bom izvedel analizo občutljivosti za faktor regije, za katerega nimam ustrezne vrednosti za Slovenijo oz. posamezne slovenske regije.

- Povečanje faktorja regije
-

Razmerje med ocenjeno in dejansko ceno m² površine je:

Ob znižanju faktorja regije je razlika cene med napovedjo modela in dejansko ceno 26,7%.

Povečanje faktorja regije za 40% ni pretirano izboljšalo rezultata modela (odstopanje se zmanjša iz 38,7% na 26,7%).

Menim, da je model uspešen, če se uporabi podobne objekte kot tiste, ki jih je imel Stoy v svoji zbirki podatkov. Objekt A je bil namenjen povprečnemu kupcu, medtem ko je objekt B višjega cenovnega razreda. Nadalje ima objekt B mnogo značilnosti, ki jih Stoy v razvoju svojega modela oz. empiričnih podatkih, na katerih model temelji, ne upošteva.

Opozoriti velja tudi na dejstvo, da model v prvem primeru preceni dejansko ceno objekta, v drugem (nadstandardnem) pa jo podceni. Kljub temu, da v ceno ni vključena cena parcele, se pozna razlika v ceni gradbenih storitev. Obravnavana primera dokazujeta, da je vnaprejšnja ocena stroškov objekta kompleksna naloga, pri kateri je potrebno upoštevati mnogo spremenljivk.

7. ZAKLJUČEK

7.1 Splošne ugotovitve

V diplomski nalogi sem predstavil pet izbranih metod, kako na preprost in hiter način določiti okvirno oceno stroškov objekta v kar najzgodnejši fazi projekta. Dobra ocena, za katero ne potrebujemo niti veliko časa niti drugih virov, in ki je zanesljiva v okviru svoje vnaprej določene natančnosti, lahko pomaga potencialnemu investitorju, da se lažje odloča o nadaljevanju projekta. Pri tem se je nujno potrebno zavedati predpostavk in omejitev modela, saj v nasprotnem primeru ne moremo pričakovati realnih rezultatov stroškov objekta.

Opravljeni pregled izbrane literature, ki se omejuje na večstanovanjske objekte, kaže, da se študije, ki so izvedene v različnih državah, ne da vedno primerjati ali prenesti v drugo regijo, saj se lahko razmere na obravnavanem trgu popolnoma razlikujejo od trga, na katerem želimo lansirati projekt. Tako na primer določeni parametri, ki se v afriških državah uvrščajo med deseterico najbolj pomembnih, v bolj razvitih državah strokovnjaki le-teh ne uvrščajo niti v trideseterico seznama najpomembnejših spremenljivk.

Raziskovalci, ki so opisani problem poskušali rešiti na različne načine, so vsi poskušali identificirati ključne spremenljivke, ki se jih upošteva pri določitvi cene s strani strokovnjakov. Število teh spremenljivk je v različnih predlaganih modelih različno; Stoy na primer identificira 90 različnih vplivnih parametrov. Predstavljene raziskave pa vendar kažejo, da je število ključnih parametrov, ki bistveno vplivajo na končno oceno stroškov, mnogo manjše.

Obravnavani modeli za napovedovanje cene objekta temeljijo na različnih matematičnih metodah. Tako na primer uporabi Emsley za napovedovanje nevronske mreže, ki je sposobna avtomatskega reguliranja. Napaka tako določene predikcije cene objekta je sicer še vedno prevelika za rutinsko uporabo v praksi, kljub temu pa nudi ta študija dobro osnovo za druge raziskovalce iz tega področja.

V nalogi sem na primeru dveh slovenskih objektov preskusil uporabnost modela, ki ga je razvil in utemeljil Stoy s soavtorji (na podlagi nemških empiričnih podatkov).

7.2 Ugotovitve povezane z modelom Stoy

Študija je določila spremenljivke na podlagi empiričnih podatkov, ki so jih pridobili iz 70-ih projektov z nemškega tržišča. Iz seznama spremenljivk so določili regresijski model, sestavljen iz šestih parametrov, kateri je postregel z odličnim rezultatom. Uspeli so namreč srednji absolutni procent napake (MAPE) modela zmanjšati na red velikosti pod 10%. Ta napaka je izjemno majhna v primerjavi z ostalimi študijami. Spremenljivke modela, ki jih predlaga Stoy, so:

- Kompaktnost objekta [m^2 zunanjih zidov/ m^2 bruto tlorisni površini objekta]
- Število dvigal
- Velikost objekta [površina/1000 m^2]
- Čas gradnje [meseči]
- Delež odprtin ((zunanja okna + vrata + prefabricirani fasadni elementi)/zunanji zidovi * 100) [%]
- Regija

Stoy je model verificiral na petih primerih, kateri niso bili vključeni v empirično določanje številnih parametrov modela. Dobljeni rezultati (napoved) se od dejanskih vrednosti razlikujejo za -12% do 13%. Povprečna absolutna napaka je znašala 9,6%, kar zadošča natančnosti napovedi, ki jo pričakuje investitor v zgodnjih fazah gradbenega projekta.

Uporaba modela na dveh slovenskih primerih je pokazala precejšnja odstopanja med napovedjo in dejanskimi vrednostmi. Za prilagoditev modela na naš trg bi bila potrebna razširjena študija oz. določanje empiričnih koeficientov modela na podlagi slovenskih projektov. S tem bi lahko ugotovili, kako se posamezna spremenljivka obnaša v naših razmerah. Ob tem velja tudi pripomniti, da je eden od analiziranih primerov predstavljal stanovanjsko poslovni objekt, v katerem so ohranili določene dele (stene) že obstoječe stavbe, ki je pod kulturno zaščito. Objekt ima torej dve lastnosti, zaradi katerih je manj primeren za uporabo Stoy-evega modela brez modifikacij. Nadalje je objekt grajen na enem najdražjih zemljišč v Sloveniji in spada v luksuzno gradnjo z visoko kakovostjo finalne obdelave, kar v modelu, kot ga predlaga Stoy, ni upoštevano.

V svoji študiji sem posebno pozornost posvetil faktorju regije, ki zajema razlike v cenah gradbenih storitev in materialov v različnih regijah. V Stoy-evi originalni študiji je ta faktor določen na podlagi nemških podatkov, zato ostaja nejasno, kako z njim zajeti oz. opisati slovenske razmere. V ta namen sem za ta faktor izvedel parametrično analizo ter ugotovil, da bi bila Slovenija v Nemčiji uvrščena na območje s faktorjem okoli 0,8. Ta vrednost faktorja regije je prinesla objekt A znotraj napake 10%. Model Stoy-a je vrednost objekta B podcenil in kljub povišanju faktorja regije za 40% se napaka ni bistveno zmanjšala. To dokazuje dejstvo, da pri tem objektu se razlika v ceni ne skriva zgolj v faktorju regije, temveč v morebitni pomanjkljivosti modela, saj ne upošteva kakovosti končne obdelave.

Rezultati mojega dela torej kažejo, da je za uspešen prenos modelov, ki so nastali na osnovi podatkov iz drugih geografskih področij, v Slovenijo, potrebno najprej verificirati vse empirično določene koeficiente. Nadalje se je potrebno zavedati omejitev, ki jih ima posamezni model za napovedovanje cene objekta. Le tedaj lahko pričakujemo rezultate, ki so v mejah zelene natančnosti.

VIRI

Aamodt, A., Plaza, E. 1994. Case – Based Reasoning: Foundational Issues, Methodological Variations, and System Approaches. *AICom – Artificial Intelligence Communications* 7: 39 – 59.

<http://www2.iiia.csic.es/People/enric/AICom.html> (17.10.2009)

Advanced Environmental Monitoring and Control Program

http://aemc.jpl.nasa.gov/activities/bio_regen.cfm (29.7.2009)

An, S.-H., Kim, G.-H., Kang, K.-I. 2005. A case-based reasoning cost estimating model using experience by analytic hierarchy process. *Building and Environment*.

Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern

<http://bki.de> (5.12.2009)

Beko, J., Boršič, D., Jagrič, T., Kračun, D., Ovin, R., Šlebinger, M. 2006. Učinki (de)regulacije cen in analiza relativnih maloprodajnih cen; Primerjava cen in plač Slovenije z Nemčijo in Italijo v septembru 2006. Maribor, Univerza v Mariboru, Ekonomsko-Poslovna fakulteta.

http://www.mg.gov.si/fileadmin/mg.gov.si/pageuploads/DNT/U__inki__de_regulac...
(17.12.200)

Brvar, B. 2007. Statistika. Maribor, Univerza v Mariboru, Fakulteta za varnostne vede: str. 268-276

Cekić, Z. 2009. Case based reasoning and infrastructure projects knowledge database. V: Cerić, A., Radujković, M. *Construction Facing Worldwide Challenges: W055: Building Economics: W065: Organization and Management of Construction*. Dubrovnik, Hrvaška, September 27-30, 2009. Zagreb: University of Zagreb, Faculty of Civil Engineering, str. 781-790, 2009.

Cost Estimation

http://pmbook.ce.cmu.edu/05_Cost_Estimation.html (17.10.2009)

Construction Planning

http://pmbook.ce.cmu.edu/09_Construction_Planning.html (17.10.2009)

DIN 276. 1993. Obravnava in razčlenitev investicijskih stroškov stavb.

Elhag, T. M. S., Boussabaine, A. H., Ballal, T. M. A. 2004. Critical determinants of construction tendering costs: Quantity surveyors' standpoint. *International journal of project management* 23: 538-545.

Emsley, M. W., Lowe, D. J., Roy Duff, A., Harding, A., Hickson, A. 2001. Data modelling and the application of a neural network approach to the prediction of total construction costs. *Construction management and economics* 20: 465-472.

Linear regression

<http://en.wikipedia.org/> (29.7.2009)

Mean absolute percentage error

http://en.wikipedia.org/wiki/Mean_absolute_percentage_error (28.12.2009)

Nevronska mreža

<http://sl.wikipedia.org/> (29.7.2009)

Orešnik, I. 2008. Uporaba nevronske mreže za kratkoročno napovedovanje porabe zemeljskega plina. Magistersko delo. Maribor, Univerza v Mariboru, Fakulteta za organizacijske vede, Management informacijskih sistemov.

<http://diplome.fov.uni-mb.si/mag/13106Oresnik.pdf> (11.1.2010)

Project Management for construction

<http://pmbook.ce.cmu.edu/> (17.10.2009)

Skyscrapercity forums

<http://skyscrapercity.com/> (5.12.2009)

Specialist case studies

<http://fullflow.com/casestudies/specialist/> (5.12.2009)

Stoy, C., Pollalis, S., Schalcher, H.-R. 2008. Drivers for cost estimating in early design: a case study of residential construction. *Journal of construction engineering and management* 39: 32-39.

Šelih, J. 2008. Učno gradivo pri predmetu Management v gradbeništvu.

Tarifni pogoji projektantskih storitev

<http://www.izs.si/index.php?id=390> (28.12.2009)

Tas, E., Yaman, H. 2005. A building cost estimation model based on cost significant work packages. *Construction and architectural management* 12: 251-263

The Owners' Perspective

http://pmbook.ce.cmu.edu/01_The_Owners'_Perspective.html (17.10.2009)

Žemva, Š. 2006. Gradbene kalkulacije in obračun gradbenih objektov: priročnik za prakso. Ljubljana, Gospodarska zbornica Slovenije, Center za poslovno uspoabljanje. 366 str.

PRILOGE:

Priloga A: Tloris temeljev objekta A

Priloga B: Tloris 1. nadstropja objekta A

Priloga C: Prerez skozi stopnice B-B objekta A

Priloga D: Vzdolžni prerez C-C objekta A

Priloga E: Vzhodna in zahodna fasada objekta B

Priloga F: Severna in južna fasada objekta B

Priloga G: Prerez B-B objekta B

Priloga H: Tloris 1. nadstropja objekta B

Priloga I: Tloris podstrešja objekta B

PRILOGA A: TLORIS TEMELJEV OBJEKTA A (M 1:100)

PRILOGA B: TLORIS 1. NADSTROPJA OBJEKTA A (M 1:100)

PRILOGA C: PREREZ SKOZI STOPNICE B-B OBJEKTA A (M 1:100)

PRILOGA D: VZDOLŽNI PREREZ C-C OBJEKTA A (M 1:100)

PRILOGA E: VZHODNA IN ZAHODNA FASADA OBJEKTA B (M 1:100)

PRILOGA F: SEVERNA IN JUŽNA FASADA OBJEKTA B (M 1:100)

PRILOGA G: PREREZ B-B OBJEKTA B (M 1:100)

PRILOGA H: TLORIS 1. NADSTROPJA OBJEKTA B (M 1:100)

PRILOGA I: TLORIS PODSTREŠJA OBJEKTA B (M 1:100)
