Analiza troškova održavanja i uporabe građevina

Krstić, Hrvoje; Marenjak, Saša

Source / Izvornik: **Građevinar, 2012, 64, 293 - 303**

Journal article, Published version
Rad u časopisu, Objavljena verzija rada (izdavačev PDF)

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:133:831155

Rights / Prava: Attribution 4.0 International/Imenovanje 4.0 međunarodna

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

GRAĐEVINSKI I ARHITEKTONSKI FAKULTET OSIJEK
Faculty of Civil Engineering and Architecture Osijek

Repository / Repozitorij:

Repository GrAFOS - Repository of Faculty of Civil Engineering and Architecture Osijek

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Primljen / Received: 1.2.2012.
Ispravljen / Corrected: 4.5.2012.
Prihvaćen / Accepted: 11.5.2012.
Dostupno online / Available online: 25.5.2012.

Analiza troškova održavanja i uporabe građevina

Autori:



Dr.sc. **Hrvoje Krstić**, dipl.ing.građ.
Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku
Građevinski fakultet
hrvojek@gfos.hr



Prof.dr.sc. **Saša Marenjak**, dipl.ing.građ.
Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku
Građevinski fakultet
sasa.marenjak@zg.htnet.hr

Pregledni rad

Hrvoje Krstić, Saša Marenjak

Analiza troškova održavanja i uporabe građevina

Istraživanje u ovome radu usmjereno je na utvrđivanje mogućnosti prikupljanja povijesnih podataka o troškovima održavanja i uporabe građevina Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku. Sastavljene su ankete i upitnici kojima su se prikupljali podaci o navedenim troškovima, kao i podaci o karakteristikama građevina i načinima uporabe za definirano vremensko razdoblje. Prikupljeni su podaci statistički obrađeni i prikazani u ovome radu.

Ključne riječi:
troškovi održavanja i uporabe građevina, struktura troškova, matematički model, statistički značajne varijable

Subject review

Hrvoje Krstić, Saša Marenjak

Analysis of buildings operation and maintenance costs

The research presented in the paper is aimed at determining possibilities for collecting historic data on the maintenance and use of buildings of the Josip Juraj Strossmayer University in Osijek. Surveys and questionnaires were prepared and used to collect data about the above mentioned costs, as well as the data on the properties of buildings, and on the way in which they were used for a defined time period. The data collected in this way were statistically analyzed and presented in this paper.

Key words:
costs of maintenance and use of buildings, structure of costs, mathematical model, statistically significant variables

Übersichtsarbeit

Hrvoje Krstić, Saša Marenjak

Kostenanalyse der Instandhaltung und Verwendung von Bauten

Die Forschung in dieser Arbeit ist auf die Feststellung der Möglichkeit der Sammlung historischer Daten über die Instandhaltungs - und Verwendungskosten der Bauten der Josip Juraj Strossmayer - Universität in Osijek fokussiert. Es wurden Umfragen und Fragebögen zusammengestellt, in welchen Angaben über die angeführten Kosten sowie Angaben über die Charakteristiken der Bauten und Verwendungsarten in dem definierten Zeitraum gesammelt wurden. Die gesammelten Angaben wurden statistisch bearbeitet und sind in dieser Arbeit dargestellt.

Schlüsselwörter:
Instandhaltungs - und Verwendungskosten von Bauten, Kostenstruktur, mathematisches Modell, statistisch wichtige Variablen

1. Uvod

Metoda troškova životnog ciklusa razvila se sredinom šezdesetih godina prošlog stoljeća u SAD-u, u Ministarstvu obrane, pri nabavi vojne opreme, a prvo spominjanje pojma troškova životnog ciklusa zabilježeno je 1965. godine u dokumentu "Life Cycle Costing and Equipment Procurement" [1].

Do prije nekoliko godina sva je pozornost investitora, arhitekata i izvođača radova bila usmjerena na smanjivanje građevinskih troškova, a malo je sudionika posvećivalo pažnju smanjivanju troškova održavanja i uporabe građevina ili još važnije, smanjivanju ukupnih troškova projekata [2]. Arhitekti i projektanti imaju na raspolaganju veliki broj različitih metoda za izračun troškova građenja, no metode za izračun troškova životnog ciklusa nepotpune su i neprecizne [3]. Troškovi životnog ciklusa građevina ukupni su troškovi građevine ili njezinih dijelova tijekom životnog vijeka, uključujući troškove planiranja, projektiranja, nabave, uporabe, održavanja i uklanjanja, umanjenih za preostalu vrijednost građevine [4].

Izračun je troškova životnog ciklusa jedan od ključnih elemenata pri ugovaranju projekata javno-privatnog partnerstva [5]. Ova je činjenica stavila u prvi plan planiranje troškova održavanja i uporabe i to već u fazi projektiranja.
Promatrano sa stajališta održive gradnje, proračun uporabnih troškova ima veliku važnost budući da su građevine jedan od najvećih potrošača energije i procjenjuje se kako su odgovorne za približno 40% ukupne potrošnje energije [6, 7, 8], a najveći dio potrošene energije u građevinama, 60%, odnosi se na toplinske potrebe. U Hrvatskoj su građevine odgovorne za 30% ukupne potrošnje energije, od čega se oko 70% utroši na potrebe grijanja i tople vode [9, 10]. Sve navedeno posebno je važno ako se stavi u kontekst neprestanog porasta potreba za energijom i sve manje raspoloživih izvora za proizvodnju energije.

Sve više pozornosti posvećuje se planiranju i smanjivanju troškova uporabe i održavanja građevina [11]. Istraživanja su pokazala kako se u fazi projektiranja može utjecati na 70% do 80% troškova održavanja i uporabe kao značajnih troškova životnog ciklusa budućih građevina [12].

Istraživanja u SAD-u pokazala su sljedeće:
- godišnji troškovi uporabe pojedinih građevina mogu premašiti troškove njihove izgradnje i za 10%,
- troškovi uporabe nestambenih građevina porasli su za 25% od 2003. godine
- prosječna stopa porasta troškova uporabe je iznosila 4,50% na godinu [13].

Prema podacima iz 2002. od ukupnih investicija vrijednosti vezanih uz graditeljstvo u Švedskoj 37% odnosi se na održavanja građevina [14], dok u Velikoj Britaniji taj postotak, prema podacima iz 1995., iznosi 50% [15].

Kako bi se omogućilo predviđanje troškova održavanja i uporabe građevina Sveučilišta u Osijeku potrebno je razviti modele predviđanja navedenih troškova, a to nije moguće bez formiranja prikladne baze podataka nezavisnih i zavisnih varijabli koja se može statistički obraditi.

2. Dosadašnja istraživanja o troškovima održavanja i uporabe građevina

Troškovi održavanja i uporabe građevina dio su troškova životnog ciklusa građevina, odnosno ukupnih životnih troškova građevina, što je definirano normom ISO 15686-5:2008. Prema navedenoj normi troškovima životnog ciklusa smatraju se indirektni troškovi i prihodi koji zajedno s troškovima životnog ciklusa (izgradnja, uporaba, održavanje i uklanjanje) čine ukupne životne troškove građevina [16].

Na slici 1. prikazana je struktura ukupnih životnih troškova i troškova životnog ciklusa elemenata prema normi ISO 15686-5:2008 [16]. Grafički su prikazani troškovi koji se smatraju troškovima životnog ciklusa i ostali troškovi (negrađevinski troškovi i prihodi) koji zajedno s troškovima životnog ciklusa (izgradnja, uporaba, održavanje i uklanjanje) čine ukupne životne troškove.

Smatra se kako šira uporaba metode troškova životnog ciklusa ima dvije velike prepreke, a to su nedostatak pouzdanih podataka o povijesnim troškovima građevina i načinu uporabe i nepostojanje učinkovite metode za kontrolu analize troškova [17]. Građevine su različite, izgrađene na raznim lokacijama i s različitim namjenama, pa su stoga prikupljanje i obrada podataka izuzetno otežani. Nadalje, ne postoje standardizirane metode prikupljanja i obrade podataka, a to otežava kontrolu podataka dobivenih analizom [11, 17, 18].



Slika 1. Struktura ukupnih životnih troškova i troškova životnog ciklusa [16]

Troškovi održavanja građevina obuhvaćaju troškove potrebnog rada, materijala i ostale povezane troškove koji se javljaju pri održavanju definirane razine služnosti neke građevine, a obuhvaćaju troškove korektivnoga, preventivnoga i reaktivnog održavanja cijele građevine ili njezinih dijelova. Operativni se troškovi definiraju kao troškovi uporabe i gospodarenja nekom građevinom, a obuhvaćaju poreze, najam, kamate, troškove

energije, čišćenja i ostalih potrebnih usluga ovisno o funkciji građevine te inspekcijskih pregleda [16].

Ciljevi održavanja građevina su sljedeći:
- osiguranje sigurnosnih zahtjeva građevine i pripadajućih usluga
- osiguranje prikladnosti građevine za uporabu
- osiguranje ispunjenja zahtjeva građevine s obzirom na zakonske propise
- izvođenje prijeko potrebnih poslova održavanja radi očuvanja vrijednosti imovine
- izvođenje prijeko potrebnih poslova održavanja radi očuvanja kvalitete građevine [19].

Prema ISO normi 15686 postoji više vrsta održavanja građevine:
- preventivno održavanje
- planirano održavanje
- korektivno održavanje
- održavanje temeljeno na stanju elemenata
- hitno, nepredvidivo održavanje
- održavanje temeljeno na predviđanju
- odgođeno održavanje
- izravno i neizravno održavanje [16].

Slika 2. prikazuje strukturu ukupnih životnih troškova građevina koja je korištena u ovome radu [2, 20]. U troškove inspekcijskog održavanja ubrajaju se troškovi zakonom propisanih periodičnih pregleda koji predstavljaju niz aktivnosti što su propisane važećim zakonima i propisima u svrhu poduzimanja mjera nužnih za sigurnost, zdravlje i život ljudi. To su različita ispitivanja i pregledi pojedinih dijelova građevine, uređaja i instalacija. Troškovi uporabe građevine značajna su stavka ukupnih troškova građevina. U pogonske troškove ubrajamo troškove energenata (električna i toplinska energija), troškove opskrbe pitkom vodom, troškove odvoza komunalnog otpada i otpadnih voda, troškove telefona i interneta te troškove održavanja higijene objekta i okoliša (materijal za čišćenje, spremačice i domar).
Troškovi preventivnog održavanja uključuju one aktivnosti koje se ponavljaju u relativno istim vremenskim intervalima radi zadržavanja definirane razine služnosti građevine.

Troškovi zamjene istrošenih materijala i elemenata obuhvaćaju troškove aktivnosti baziranih na ostvarenim izmjenama pojedinih dotrajalih materijala i elemenata građevine. Raspon je troškova reaktivnog održavanja nepredvidljiv budući da je gotovo nemoguće predvidjeti sve moguće kvarove. Broj je tih aktivnosti velik jer obuhvaća popravke i zamjene elemenata i materijala u sklopu intervencija u trenutku kada dođe do kvarova i oštećenja.

Podaci potrebni za provedbu analize troškova održavanja i uporabe mogu se svrstati u pet skupina i prikazani su na slici 3., a svaki od njih na različit način i u različitom razdoblju utječe na navedene troškove građevina [21].



Slika 2. Kategorije ukupnih troškova [2, 20]



Slika 3. Skupine podataka potrebnih za provedbu analize troškova životnog ciklusa [21]

Više je razloga za nepostojanje jedinstvenog modela izračuna troškova životnog ciklusa, a neki su od njih svakako postojanje različitih sustava prikupljanja i obrade podataka o troškovima održavanja i uporabe građevine te postojanje vrlo različitih

uređaja, sustava i opreme za koje se računaju troškovi životnog ciklusa [1]. Većina postojećih modela za izračun troškova životnog ciklusa građevina te troškova održavanja i uporabe građevina ima dva glavna nedostatka, a to su niska razina točnosti i mogućnost primjene samo u određenoj etapi životnog ciklusa građevine [22]. Različiti autori u svojim modelima obuhvaćaju različite troškove ovisno o prihvaćenoj strukturi troškova. Pritom se u nekim modelima mogu izdvojiti troškovi održavanja i uporabe, a u nekima ne.

U nastavku su prikazani neki od postojećih matematičkih modela troškova životnog ciklusa iz kojih je moguće izdvajanje troškova održavanja i/ili uporabe i modeli predviđanja troškova održavanja i uporabe od kojih je većina zasnovana na metodi neto sadašnje vrijednosti, a razlika je u nomenklaturi i strukturi troškova.

Model koji je razvilo udruženje ASTM-a (The American Society for Testing and Materials, 1983.) [23, 24] jedinstven je po tome što od troškova održavanja izdvaja troškove energije, a to omogućava primjenu različitih diskontnih stopa koje odražavaju različite stope inflacije. Izraz za model glasi:

$$NPV = C + R - S + A + M + E \quad (1)$$

gdje su:
- C - troškovi investicije
- R - troškovi zamjene
- S - preostala vrijednost na kraju životnog vijeka
- A - troškovi održavanja, uporabe i popravaka koji se javljaju svake godine
- M - troškovi održavanja, uporabe i popravaka koji se javljaju periodično tijekom životnog vijeka i
- E - troškovi energije.

Model koji su razvili Bromilow i Pawsey (1987.) [23-25] klasificira troškove održavanja na one koji se javljaju kontinuirano i periodično tijekom životnog vijeka. Izraz za model glasi:

$$NPV = C_{0i} + \sum_{i=1}^{n} \sum_{t=1}^{T} C_{it}(1+r_{it})^{-t} + \sum_{j=1}^{m} \sum_{t=1}^{T} C_{it}(1+r_{jt})^{-t} - d \cdot (1+r_d)^{-T} \quad (2)$$

gdje su:
- C_{0i} - troškovi nabave u trenutku t=0, uključujući troškove koncipiranja, definiranja i izvođenja, kao i sve ostale troškove koji se mogu javiti tijekom postupka nabave
- C_{it} - godišnji troškovi u trenutku t (0≤t≤T) funkcije i (0≤i≤n) kao što su održavanje, čišćenje, troškovi energije i slični troškovi., a javljaju se kontinuirano svake godine
- C_{jt} - diskontinuirani troškovi funkcije j (0≤j≤m) kao što su bojanja i zamjena komponenata u određeno vrijeme tijekom životnog vijeka
- r_{it} i r_{jt} - diskontne stope funkcija i i j
- d - vrijednost građevine na kraju životnog vijeka umanjena za troškove uklanjanja
- r_d - diskontna stopa u trenutku uklanjanja građevine.

Osnovna je karakteristika ovog modela podjela aktivnosti održavanja na one koji se javljaju redovitim godišnjim ritmom i one koje se javljaju svakih nekoliko godina.

Kirkham (2002) predlaže sljedeći stohastički model za izračun troškova životnog ciklusa bolničkih građevina [25, 26]:

$$WLCC = \sum_{n=1}^{i} \frac{FM_c + E_c + M_c + F_c + R_c}{(1+r)^i} \quad (3)$$

gdje su:
- $WLCC$ - ukupni troškovi životnog ciklusa
- FM_c - troškovi gospodarenja građevinom
- E_c - troškovi energije
- M_c - troškovi održavanja
- F_c - troškovi financiranja
- R_c - preostala vrijednost
- r - diskontna stopa
- i - broj godina

Prema samom autoru nedostatak je ovog modela taj što je primjenjiv samo za bolničke građevine [25]. Model proračuna ukupnih životnih troškova projekta razvijen je 2000. [2] .Izraz za model glasi:

$$UTP_P = Ti_p + Tfm_p \pm Tr_p \quad (4)$$

$$Tfm_p = \sum_{i=1}^{e} Tfm_e + \sum_{i=1}^{z} Tfm_z \quad (5)$$

$$Ti_p = \sum_{i=1}^{e} Ti_e + \sum_{i=1}^{z} Ti_z \quad (6)$$

gdje su:
- UTP_p - ukupni troškovi projekta (npr. bolnice, škole itd.)
- Ti_p - inicijalni (kapitalni) troškovi projekta
- Ti_z - ostali inicijalni troškovi kao što su troškovi zemljišta, projektiranja i dr.
- Tfm_p - troškovi "facility managementa" na razini projekta
- Tfm_z - troškovi "facility managementa" koji se ne odnose na fizičke elemente građevine (npr. troškovi osiguranja projekta, troškovi potrošnje električne energije i dr.)
- Tr_p - troškovi rušenja na razini projekta.

Predloženi model i struktura prikupljanja i analize ukupnih troškova projekta omogućuju generiranje različitih alternativnih rješenja projekta, a samim time i minimiziranje financijskih i tehničkih rizika [2]. El-Haram i ostali predlažu (2002.) [27, 28] model izračuna troškova životnog ciklusa alternativa svih elemenata građevine prema izrazu:

$$WLC = Cc + \left(\sum_{i=1}^{n} \left(\sum_{j=1}^{m} Oc_j \right) + \sum_{i=1}^{n} \left(\sum_{j=1}^{m} Mc_j \right) + \sum_{i=1}^{k} Rc_i \right) \pm Dc \quad (7)$$

gdje su:
- WLC - ukupni troškovi životnog ciklusa
- Cc - troškovi izgradnje
- Oc - troškovi uporabe

Mc - troškovi održavanja (reaktivnog i preventivnog)
Rc - troškovi zamjene istrošenih materijala i elemenata,
Dc - troškovi uklanjanja
N - broj godine (očekivani životni vijek ili broje godina analize)
m - broj aktivnosti vezanih uz uporabu i održavanje
k - broj izmjena.

Predloženi model primjenjiv je na elemente građevine i za procjenu troškova cijele građevine, pri čemu je potrebno u obzir uzeti i ostale troškove kao što su troškovi zemljišta, naknade u etapi pripreme projekata i slično [27, 28].
Za razliku od prikazanih modela postoje i oni isključivo orijentirani na troškove održavanja i uporabe građevina. Al-Hajj i Horner proveli su 1991. istraživanje o troškovima održavanja jedanaest studenskih domova, šest predavaonica i tri laboratorija tijekom osamnaest godina počevši od 1972. godine. Istraživanjem su došli do zaključka kako je moguće odrediti troškovno značajne stavke tako da se u obzir uzmu samo stavke kojih su troškovi veći od prosječnih; zaključeno je kako otprilike 15% svih stavki daje oko 85% ukupnih troškova održavanja. Istraživanja su pokazala da se povijesni podaci o troškovima projekata mogu upotrijebiti kako bi se razvio model praćenja i predviđanja troškova održavanja istraživanih građevina [29]. Izraz za model može se napisati i na sljedeći način:

$$R_C = \frac{1}{CMF}\sum_{i=1}^{n}\left[(c_1+c_2)+(e_1+e_2+e_3)+(a_1+a_2)+(o_1+o_2)+(m_1+m_2)\right] \quad (8)$$

gdje su:
R_c - ukupni troškovi održavanja
CMF - faktor modela troškova (0,87)
n - broj godina
c_i - c_1 troškovi čišćenja, c_2 troškovi praonice rublja
e_i - e_1 troškovi plina, e_2 troškovi struje, e_3 troškovi loživog ulja
a_i - a_1 troškovi upravljanja (naknade), a_2 troškovi zaštitarskih službi i nadzora
m_i - m_1 troškovi unutarnjeg uređenja, m_2 troškovi popravaka krova.

Točnost koju su naveli autori Al-Hajj i Horner od ±5% tijekom razdoblja od jedne do osamnaest godina kritizirala je Young (1992.) u svom doktoratu i zaključila kako do većih odstupanja dolazi zbog sljedećih triju razloga [23]:
- način vođenja podataka o troškovima jednog od izvora za stvaranje modela drugačiji je od ostalih
- model u obzir ne uzima različitost materijala i komponenata između građevina koje su sudjelovale u istraživanju
- pojava povremeno visokih troškova pojedinih troškovno značajnih stavki.

Autori su prva dva razloga naveli kao ograničenja modela, a treći razlog pokušali su ukloniti metodom kliznih prosjeka (moving averages). Međutim postoje još četiri zamjerke modelu [23]:
1. Kod troškovne značajnosti stavki pretpostavlja se linearni odnos što ne mora uvijek biti slučaj.
2. Izvori podataka za stvaranje modela su ograničeni.
3. Metoda zanemaruje neke od važnijih karakteristika građevina kao što su starost građevine, lokacija, uporabni uvjeti itd.
4. Dobiveni su povijesni podaci koji su bili dostupni, a ne oni koji bi slijedili definiranu strukturu troškova.

Uza sve navedene nedostatke ovo je jedna od jednostavnijih metoda predviđanja troškova održavanja građevina koja ne zahtijeva velike setove podataka da bi se predvidjeli troškovi održavanja u budućnosti [29].
Kirkham i ostali (1999.) razvili su model za proračun troškova energije sportskih centara uz pomoć regresijske metode s dvije nezavisne ulazne varijable, površinom građevina i brojem korisnika. Osnovno je ograničenje modela ograničenost na sportske građevine i troškove energije. Model ima dva oblika [30]:

$$C_E = 1{,}203 + 0{,}97 \cdot površina \quad (9)$$

$$C_E = 1{,}217 + 0{,}642 \cdot površina + 0{,}206 \cdot korisnici \quad (10)$$

Primjenom navedenog modela moguće je izračunati troškove energije sportskih građevina uporabom samo dviju varijabla, površine građevina i brojem korisnika. Oba se izraza primijenjuju za izračun troškova energije, ali s različitim regresijskim koeficijentima i brojem varijabli.

Pregledom literature s područja troškova životnog ciklusa građevina i postojećih modela troškova održavanja i uporabe građevina može se zaključiti sljedeće:
- najveći dio ukupnih životnih troškova građevina čine troškovi održavanja i uporabe građevina
- postojeći modeli troškova životnog ciklusa i modeli održavanja i uporabe građevina većinom se ne temelje na povijesnim podacima o troškovima građevina
- modeli koji se i temelje na povijesnim podacima o troškovima građevina uglavnom su razvijeni na osnovi dostupne strukture troškova, a ne na osnovi definirane strukture troškova
- ne postoje baze podataka o troškovima koje bi se mogle rabiti za buduća istraživanja ili ažurirati radi unapređenja postojećih modela
- ne postoji okvir za sistematizaciju podataka
- ne postoje jednostavni modeli koji pri izračunu troškova održavanja i uporabe uzimaju u obzir neke od karakteristika građevine ili načina uporabe.

The Space Management Group (SMG) 2006. godine provela je u Velikoj Britaniji istraživanje o troškovima i potrebama za

prostorom građevina visokog školstva i došla do zaključka kako zbog promjena u edukacijskom sustavu neće doći do znatnih promjena u potrebama za prostorom, odnosno neki prostori neće više biti potrebni, dok će neki zahtijevati proširenje [5]. Stoga je i u ovome radu usvojena pretpostavka kako se ukupna površina pojedinih sastavnica Sveučilišta J.J. Strossmayera u Osijeku (u daljnjem tekstu Sveučilišta u Osijeku) tijekom vremena neće mijenjati.

Istraživanje koje je provedeno u ovome radu usmjereno je na već postojeće građevine Sveučilišta u Osijeku za koje ne postoje podaci o troškovima građenja. Budući da se uglavnom radi o zaštićenim građevinama koje su kulturno dobro i ne predviđa se njihovo uklanjanje, istraženi su troškovi održavanja i uporabe građevina Sveučilišta u Osijeku koji su sastavni i vrlo važan dio ukupnih životnih troškova.

Građevine Sveučilišta u Osijeku specifične su zbog rasprostranjenosti na različitim prostorima u gradu, kao i starosti građevina koja varira od 10 do 300 godina. Trenutačno je u Hrvatskoj usvojen dio niza normi ISO 15686, i to dijelovi 1, 2, 3, 5 i 8.

Kako troškove održavanja i uporabe javnih građevina za potrebe Sveučilišta snosi javni sektor, važno je predvidjet navedene troškove u budućnosti i mogućnost optimizacije troškova pri čemu je u obzir potrebno uzeti i posebnosti javnih građevina u odnosu na građevine privatnog sektora, kao što su:
- nulta diskontna stopa koja odražava posebnost građevina javnog sektora na koje se gleda kao na socijalne, a ne kapitalne projekte
- dugi životni vijek projekata
- mali ili nikakav prihod tijekom životnog vijeka [31].

Građevine Sveučilišta u Osijeku posebne su iz još nekoliko razloga:
- nepostojanje podataka o troškovima građenja
- građevine koje su uglavnom spomenici kulturne baštine i nije predviđeno njihovo uklanjanje
- građevine stare uglavnom više od 50 godina
- javne građevine čije se održavanje i uporaba financiraju sredstvima iz proračuna
- poseban način uporabe koji karakterizira velik broj korisnika tijekom godine, ali i kratko razdoblje tijekom godine kada je broj korisnika izuzetno malen.

Kako bi se načinila baza podataka nezavisnih varijabli (karakteristike građevina i načini uporabe) i zavisnih varijabli (troškovi održavanja i uporabe) potrebnih za stvaranje modela predviđanja troškova održavanja i uporabe građevina Sveučilišta u Osijeku, izrađeni su upitnici o karakteristikama građevina i uporabi građevina te upitnici o troškovima održavanja i uporabe tih građevina. Upitnici su poslani svim sastavnicama Sveučilišta u Osijeku radi prikupljanja potrebnih podataka. Podaci su prikupljeni za vremensko razdoblje od 1998. do 2009. godine prema unaprijed definiranoj strukturi troškova prikazanoj na slici 2.

Rezultati provedenog istraživanja omogućuju:
- uvid u mogućnost prikupljanja povijesnih podataka o troškovima održavanja i uporabe građevina Sveučilišta u Osijeku
- evidenciju stvarnih povijesnih troškova ovih građevina
- stvaranje baze podataka o troškovima održavanja i uporabe
- utvrđivanje udjela pojedinih skupina troškova u troškovima održavanja i uporabe građevina Sveučilišta u Osijeku
- definiranje statistički značajnih nezavisnih varijabli potrebnih za stvaranje matematičkog modela predviđanja troškova održavanja i uporabe građevina Sveučilišta u Osijeku.

3. Metodologija provedenog istraživanja

Prikupljanje podataka o troškovima održavanja i uporabe građevina za određeno vremensko razdoblje i podataka o karakteristikama građevina, provedeno je radi dobivanja podloge za daljnja istraživanja odnosno za razvoj modela procjene troškova održavanja i uporabe fakultetskih građevina Sveučilišta u Osijeku. Povijesni podaci o troškovima projekata mogu se uporabiti, a već su se i rabili u različitim istraživanjima da bi se razvio model praćenja i predviđanja svojstava, ali i troškova [32, 33].

Kako bi se istražio udio pojedinih skupina u ukupnim troškovima održavanja i uporabe građevina, ali i veza troškova i varijabli koje utječu na njih, potrebno je stvoriti bazu podataka iz koje će se moći definirati veza nezavisnih i zavisnih varijabli regresijskom analizom. Regresijskom analizom moguće je pronalaženje analitičko-matematičkog oblika veze između jedne zavisne (troškovi održavanja i uporabe) i jedne ili više nezavisnih varijabli (podaci o funkcionalnim površinama građevine, starost građevine, broj godina uporabe građevine, podaci o korisnicima i smjenama).

U svrhu stvaranja baze podataka o troškovima održavanja i uporabe fakultetskih građevina koja bi omogućila definiranje matematičkog modela procjene troškova održavanja i uporabe, svim sastavnicama Sveučilišta u Osijeku poslana je zamolba za pristup potrebnim podacima za razdoblje od 1997. do 2008. godine.

Kao početna godina za koju su se tražili podaci uzeta je 1997. kako se troškovima održavanja i uporabe ne bi obuhvatili i troškovi nastali zbog ratnih razaranja i obnove, odnosno da bi se utjecaj tih troškova sveo na što je moguću manju mjeru. Kao posljednja godina za koju su traženi podaci analizirana

je 2008. jer su upitnici poslani tijekom 2009. za koju podaci o troškovima nisu bili dostupni u cijelosti. U zamolbi je navedeno kako će se podaci rabiti isključivo za potrebe ovog istraživanja.

Uz zamolbu je fakultetima poslan i upitnik koji se sastojao od četiri dijela u kojima su se tražili sljedeći podaci:

1. Opći podaci o građevini
   Traženi su podaci o starosti građevine, vremensko razdoblje u kojem se građevina koristi te podaci o ukupnoj površini građevine i površini parcele na kojoj se nalazi.
2. Planiranje održavanja građevine
   Cilj je ovog upitnika bio ispitati planiranje održavanje građevina, odnosno postojanje plana i osobe odgovorne za održavanje, plana nadogradnje i rekonstrukcija i postojanje strategija o broju korisnika za buduća vremenska razdoblja.
3. Podaci o uporabi građevine
   Ovim upitnikom dobiveni su podaci o funkcionalnim površinama građevina, broju smjena ustanova te podaci o broju korisnika, djelatnika i studenata tijekom vremenskog razdoblja od 1997. do 2008. godine.
4. Tablični prikaz troškova održavanja i uporabe
   Troškovi održavanja i uporabe razvrstani su u pet skupina kako je i prikazano u poglavlju 2., a za svaku skupinu dan je prijedlog vrste troškova, ali je ostavljena mogućnost unosa novih ako neka vrsta troškova nedostaje. Prikupljali su se podaci za sljedeće skupine troškova:
   - troškove periodičnih pregleda građevine
   - troškove zamjene istrošenih materijala i elemenata građevine
   - troškove periodičnih radova i popravaka na građevini
   - troškove reaktivnog održavanja
   - troškove uporabe
   - ukupne troškove održavanja i uporabe kao ukupni iznos svih prethodno navedenih skupina.

Tablica 1. prikazuje građevine sastavnice Sveučilišta u Osijeku kojima su poslane zamolbe za pristup potrebnim podacima tijekom 2009. godine.

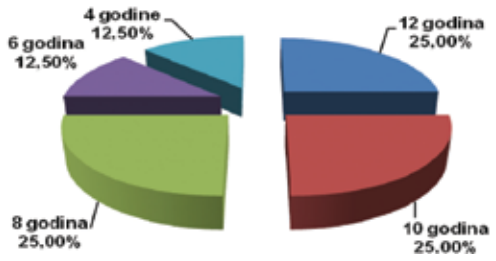
Tablica 1. Građevine sastavnice Sveučilišta u Osijeku

R. Br.	NAZIV
1.	Ekonomski fakultet
2.	Elektrotehnički fakultet
3.	Građevinski fakultet
4.	Katolički bogoslovni fakultet
5.	Medicinski fakultet
6.	Poljoprivredni fakultet
7.	Rektorat
8.	Pravni fakultet
9.	Prehrambeno-thnološki fakultet
10.	Strojarski fakultet
11.	Filozofski fakultet
12.	Učiteljski fakultet
13.	Odjel za matematiku i fiziku
14.	Odjel za biologiju i kemiju
15.	Umjetnička akademija

Podaci su prikupljeni tijekom 2009. i 2010. godine. Među fakultetima koji su dostavili podatke (13 fakulteta, 87% anketiranih ustanova) bilo je i onih podataka koji su bili nepotpuni, odnosno podaci o troškovima nisu bili dani ili su dostavljeni samo za neku od ponuđenih skupina troškova, dok je dio sastavnica dostavio podatke samo o karakteristikama građevina i načinima uporabe. Prema tim je podacima određeno koje se građevine mogu iskoristiti pri definiranju baze podataka o troškovima održavanja i uporabe. Osnovni uvjet koji je morao biti zadovoljen da bi podaci bili valjani bio je potpunost podataka, odnosno da su dani svi traženi podaci iz upitnika i anketa, što je u konačnici značilo da je prihvaćeno 76,92% dostavljenih podataka anketiranih ustanova.

Nakon prikupljanja podataka javili su se sljedeći problemi, u nekim građevinama djelatnost obavljaju i dva fakulteta, neki fakulteti imaju i dislocirane studije izvan Osijeka, a kod nekih se djelatnost obavlja u nekoliko građevina.
Prvi je problem riješen tako da su se podaci o troškovima i korisnicima obaju fakulteta zbrajali jer je područje interesa bila građevina kao cjelina, pri čemu su i podaci o funkcionalnim prostorima bili jednaki za obje građevine te je u nastavku istraživanja takva građevina promatrana kao jedinstvena. Drugi je problem riješen tako da se nisu uzimali podaci o troškovima dislociranih građevina. Treći je problem kod nekih građevina bilo jednostavno riješiti jer su neka računovodstva bila u mogućnosti dostaviti odvojene troškove po lokacijama. Kod dvaju fakulteta ovo nije bilo moguće, ali se radilo o građevinama koje se nalaze u neposrednoj blizini jedna drugoj i približno su jednake starosti. Ovaj je problem riješen zbrajanjem funkcionalnih površina i broja korisnika za koje je prikupljena samo jedna struktura troškova održavanja i uporabe.

S obzirom na navedeno i činjenicu kako neki od fakulteta dijele istu građevinu u konačnici je ostalo osam građevina za formiranje baze podataka o troškovima održavanja i uporabe građevina. Broj godina za koje su dostavljeni podaci kretao se od 4 do 12 godina, podatak o broju godina za koje su dostavljeni podaci nazvan je referentnim razdobljem. Struktura podataka prema broju godina za koju su dostavljeni traženi podaci za 8 građevina koje su ušle u izbor za definiranje baze podataka prikazani su na slici 4.



Slika 4. Struktura podataka prema broju godina za koje su dostavljeni podaci

4. Rezultati istraživanja

Iz prikupljenih su podataka o troškovima izračunane godišnje vrijednosti troškova održavanja i uporabe, kao i ukupna vrijednost troškova održavanja pojedinih skupina troškova tijekom referentnog razdoblja.

Kako bi se dobili prosječni godišnji nominalni troškovi održavanja i uporabe građevina, ukupna nominalna vrijednost troškova održavanja i uporabe podijeljena je s referentnim razdobljem. Isto je učinjeno i s podacima o prosječnom broju djelatnika i prosječnom broju studenata, ostale nezavisne varijable kao što su površine, katnost i broj smjena nisu se mijenjale tijekom referentnog razdoblja. Ovaj je princip obrade podataka usvojio i Al-Hajj u svojoj doktorskoj disertaciji [24]. Na osnovi pregleda literature i prijašnjih istraživanja slične problematike utvrđene su nezavisne varijable koje se mogu smatrati relevantnim za definiranje baze podataka o nezavisnim varijablama, odnosno potencijalne varijable modela procjene troškova održavanja i uporabe građevina. Iz upitnika i anketa bilo je moguće definirati bazu podataka nezavisnih i zavisnih varijabli. Popis nezavisnih i zavisnih varijabli, kao i deskriptivna analiza uzorka s najosnovnijim statističkim podatcima dan je u tablici 2.

Prvi problemi koji se javljaju pri primjeni regresijskih modela na definiranoj bazi podataka jesu:
- izbor samo relevantnih varijabli među velikim brojem nezavisnih varijabli
- takav izbor varijabli često uzrokuje pojavu korelacije među varijablama, ali može dovesti do toga da je veći broj odabranih varijabli od broja uzoraka.

Zadaća je regresijske analize pronalaženje analitičko-matematičkog oblika veze između jedne zavisne i jedne ili više

Tablica 2. Deskriptivna statistika uzorka i popis zavisnih varijabli i mogućih nezavisnih varijabli potrebnih za definiranje matematičkog modela predviđanja troškova održavanja građevina Sveučilišta u Osijeku

Nezavisne varijable	Veličina uzorka	Srednja vrijed-nost	Medijan	Mod	Najmanja izmjerena vrijednost uzorka	Najveća izmjerena vrijednost uzorka	Varijanca	Stan-dardna devijacija	Koeficijent varijacije	Standard na pogreška	Asime-tričnost	Oznaka varija-ble
Starost građevine	8,00	123,00	109,00	Multiple	10,00	293,00	9498,86	97,46	79,24	34,46	0,92	var1
Broj godine uporabe	8,00	14,13	11,50	13,00000	4,00	33,00	88,70	9,42	66,68	3,33	1,36	var2
Referentno razdoblje	8,00	8,75	9,00	Multiple	4,00	12,00	7,93	2,82	32,18	1,00	-0,48	var3
Etaže	8,00	4,00	4,00	Multiple	3,00	5,00	0,86	0,93	23,15	0,33	0,00	var4
Površina predavaonica	8,00	846,67	959,47	Multiple	284,42	1100,00	79074,22	281,20	33,21	99,42	-1,49	var5
Površina kabineta	8,00	735,09	747,00	Multiple	223,20	1169,59	85232,62	291,95	39,72	103,22	-0,32	var6
Površina komunikacija	8,00	966,29	788,50	Multiple	140,00	2192,76	464407,67	681,47	70,53	240,94	0,89	var7
Površina sanitarija	8,00	222,17	160,00	Multiple	72,33	680,00	38945,54	197,35	88,83	69,77	2,20	var8
Površina ureda	8,00	337,08	320,77	Multiple	139,75	755,00	36881,70	192,05	56,97	67,90	1,61	var9
Površina knjižnica	8,00	85,87	95,87	Multiple	0,00	143,65	2071,83	45,52	53,01	16,09	-0,93	var10
Površina laboratorija	8,00	471,80	448,00	0,000000	0,00	1560,00	244964,51	494,94	104,90	174,99	1,67	var11
Ostale površine	8,00	585,32	446,50	Multiple	100,00	1322,72	197803,05	444,75	75,98	157,24	0,72	var12
Ukupna površina	8,00	4315,25	4227,00	Multiple	2375,00	7345,00	2194716,21	1481,46	34,33	523,77	1,09	var13
Djelatnici	8,00	90,38	73,00	Multiple	38,00	178,00	2918,27	54,02	59,77	19,10	1,09	var14
Studenti	8,00	788,38	583,00	Multiple	189,00	2540,00	547855,13	740,17	93,89	261,69	2,35	var15
Smjene	8,00	1,88	2,00	2,000000	1,00	2,00	0,13	0,35	18,86	0,13	-2,83	var16
Zavisne varijable	**Veličina uzorka**	**Srednja vrijed-nost**	**Medijan**	**Mod**	**Najmanja izmjerena vrijednost uzorka**	**Najveća izmjerena vrijednost uzorka**	**Varijanca**	**Stan-dardna devijacija**	**Koeficijent varijacije**	**Standard na pogreška**	**Asime-tričnost**	**Oznaka varija-ble**
Troškovi uporabe	8,00	4,67E+05	4,10E+05	Multiple	3,50E+05	7,20E+05	1,95E+10	1,39E+05	29,87	4,93E+04	1,26	var16
Troškovi odr. i uporabe	8,00	1,12E+06	8,21E+05	Multiple	5,86E+05	2,18E+06	4,03E+11	6,35E+05	56,89	2,24E+05	1,03	var17

nezavisnih varijabli [34, 35], a izbor nezavisnih varijabli osnovni je problem pri svakoj regresijskoj analizi, pri čemu se nastoji zadovoljiti da nezavisne varijable opisuju zavisnu, što je bolje, i da je model jednostavan, odnosno da ne sadrži nezavisne varijable koje nisu potrebne za opisivanje određene pojave [36, 37]. S obzirom na navedene dosadašnje spoznaje i na činjenicu kako je uzorak malen, a broj potencijalnih nezavisnih varijabli dvostruko veći od uzorka, prije odabira regresijskog modela potrebno je odabrati nezavisne varijable kojima će se opisati zavisna varijabla.

Pri odabiru varijabli potrebno je voditi računa o tome da u model budu uključene samo važne varijable koje istodobno daju i najmanju pogrešku modela [36, 37] i najveću vrijednost koeficijenta determinacije [38]. Budući da je nepoznato koje su varijable nepotrebne, izbor varijabli modela mora se zasnivati na samim podacima te je potrebno izvesti izbor ovisno o statističkim podacima, na primjer p-vrijednostima [38]. U ovom je radu upotrijebljena procedura postupne eliminacije varijabli (Stepwise metoda) te su viševarjablenom regresijskom analizom određene varijable koje znatno utječu na troškove uporabe i troškove održavanja i uporabe građevina pri čemu se primijenjivao program pod nazivom SAS8.1.

Statistička značajnost definirana je na razini manjoj od 5% i predstavlja vjerojatnost da će se drugim mjerenjima dobiti razlika između novih mjerenja i uzorka koja je neznatna, manja od 5% [39, 40]. Statistička je značajnost rezultata vjerojatnost da je zapažena veza između varijabli ili razlika između srednjih vrijednosti uzorka samo puka slučajnost i kako u stvarnosti ne postoji takva veza i predstavlja indeks pouzdanosti rezultata [41]. Slučajnim uzorkovanjem iz identične populacije ustanovila bi se razlika koja bi bila ista ili manja u 95% slučajeva, dok bi veća razlika od opažene bila utvrđena u samo 5% slučajeva.

Kriterij je statističke značajnosti p<0,05 i smatra se graničnom prihvatljivom vrijednošću [41, 42]. U nastavku su prikazani kriteriji statističke značajnosti za obje skupine troškova koje su bile predmetom istraživanja, a kako statistička značajnost ne mora nužno značiti i praktičnost i primjenjivost [42, 43] u obzir su uzete i varijable gdje je statistička značajnost bila manja od 0,08, kako bi se utvrdio njihov utjecaj na zavisnu varijablu.

Vrijednosti su u tablicama 3. i 4. p-vrijednosti i govore o statističkom značenju utjecaja nezavisnih varijabli na zavisnu varijablu [44]. Kako su navedene vrijednosti statističke značajnosti u tablicama 3. i 4. statistički značajne, možemo odbaciti nul-hipotezu kako se navedenim prediktornim varijablama ne mogu procijeniti troškovi održavanja i uporabe.

Tablica 3. Statistički značajne nezavisne varijable za model troškova uporabe

Varijabla	Opis	Statistička značajnost
var. 14	Djelatnici	0,0006
var. 16	Smjene	0,0381

Pri tome treba istaknuti kako se varijabla 14 (prosječni broj djelatnika u referentnom razdoblju) može smatrati "visoko" značajnom s obzirom na p-vrijednost koja je manja od 0,001.

Tablica 4. Statistički značajne nezavisne varijable za model troškova održavanja i uporabe

Varijabla	Opis	Statistička značajnost
var. 7	Površina komunikacija	0,0130
var. 9	Površina ureda	0,0627
var. 13	Ukupna površina	0,0725

Nakon provedene "Stepwise" analize na daljnje razmatranje uzeti su modeli prikazani u tablicama 5. i 6. S obzirom na mali uzorak, na daljnje su razmatranje uzeti modeli do 3 varijable odabrani na temelju vrijednosti koeficijenta determinacije (R-Square Selection Method, R^2) i korijena srednje vrijednosti kvadratne pogreške predviđanja (Root Mean Squared Error of Prediction, RMSEP).

Tablica 5. Prijedlog varijabli modela procjene troškova uporabe

Varijable modela uporabnih troškova	RMSECV	R^2
var. 14	6,43E+04	0,8766
var. 16	1,03E+05	0,5391
var. 10, var. 14	3,54E+04	0,9566
var. 14, var. 13	4,74E+04	0,9373
var. 8, var. 14	2,29E+04	0,9449
var. 16, var. 14	6,70E+04	0,9249
var. 5, var. 14	8,19E+04	0,9035
var. 15, var. 14	2,05E+05	0,8878
var. 6, var. 14	7,09E+04	0,8936
var. 11, var. 14, var. 16	3,66E+04	0,9897
var. 11, var. 13, var. 14	3,56E+04	0,9867
var. 8, var. 9, var. 14	3,82E+04	0,9767

Tablica 6. Prijedlog varijabli modela procjene troškova održavanja i uporabe

Varijable modela uporabnih troškova	RMSECV	R^2
var. 7	4,31E+05	0,6697
var. 9	5,27E+05	0,4647
var. 13	5,16E+05	0,441
var. 7, var. 15	6,13E+05	0,8444
var. 1, var. 7	4,38E+05	0,7046
var. 4, var. 7	4,75E+05	0,7006
var. 1, var. 7, var. 15	5,59E+05	0,8951

5. Zaključak

Istraživanje o troškovima održavanja i uporabe u radu je provedeno na fakultetskim građevinama Sveučilišta u Osijeku. U Hrvatskoj do sada nije provedeno istraživanje o navedenim troškovima te do sada nisu postojali podaci, odnosno baze podataka o troškovima održavanja i uporabe građevina koje bi omogućile statističku obradu radi modeliranja troškova održavanja i uporabe građevina bilo koje namjene. Podaci su se prikupljali s pomoću upitnika koji su poslani svim sastavnicama Sveučilišta u Osijeku, a tražili su se opći podaci o uporabi i karakteristikama građevine i podaci o troškovima održavanja i uporabe građevina prema unaprijed definiranoj strukturi troškova.

Utvrđeno je kako se primijenjenim postupkom prikupljanja podataka mogu prikupiti potrebni podaci, a rezultat je provedenog istraživanja načinjena baza podataka zavisnih varijabli, troškova održavanja i uporabe i nezavisnih varijabli, karakteristika građevine i načina uporabe, statistički važnih za definiranje modela predviđanja troškova održavanja i uporabe građevina Sveučilišta u Osijeku primjenom Stepwise metode. Buduća istraživanja potrebno je usmjeriti na stvaranje matematičkog modela predviđanja troškova održavanja i uporabe i troškova uporabe građevina Sveučilišta u Osijeku upotrebom statističkih metoda. Definiranjem modela procjene troškova održavanja i uporabe i troškova uporabe građevina odnosno varijabli modela definiraju se i karakteristike građevine i način uporabe koji utječu na navedene troškove, a time i informacije potrebne za projektiranje novih građevina sličnog tipa s obzirom na racionalizaciju troškova. Matematički modeli definirani na takav način trebali bi omogućiti planiranje proračuna troškova održavanja i uporabe i troškova uporabe fakultetskih građevina na razini svake od građevina, ali i razini Sveučilišta u Osijeku za određena vremenska razdoblja.

LITERATURA

[1] Dhillon, B.S., *Life Cycle Costing for Engineers. 2010*, Boca Raton, USA: Taylor & Francis Group.

[2] Marenjak, S., El-Haram, M.A. & Horner, R.M.W. : *Procjena ukupnih troskova u visokogradnji*, Građevinar, 2002. 54: p. 393-401.

[3] Biondini, F. & Frangopol, D.M.: *Proceedings of the first international symposium on life-cycle civil engineering*. The first international symposium on life-cycle civil engineering. 2008. Varrena, Lake Como, Italy: Taylor & Francis Group, London, UK.

[4] Langdon, D. and M. *Consulting, Life Cycle Costs in Construction*, Final Report. 2003: London, United Kingdom.

[5] Atkin, B. and A. Brooks, *Total Facilities Management*. Vol. 3. 2009, Singapore: Wiley-Blackwell. 305.

[6] Borković, Ž.H. i dr.: *Pilot-projekt povećanja EE u zgradarstvu*. 2003., Energetski institut Hrvoje Požar; MZOPU;.

[7] Borković, Ž.H.: *EU Direktiva o energetskim karakteristikama zgrada 2002/91/EC. 2005*, Energetski institut Hrvoje Požar.

[8] Khamidi, M.F., O.A. Lateef, and A. Idrus, Building Maintenance: *A path towards sustainability*. Malaysian Construction Research Journal, 2010. 7.

[9] Čulo, K. & Krstić, H.: *Cost benefit analysis of energy efficient family houses*, in Second International Conference on Harminisation Between Architecture and Nature, Eco-Architecture 2008. 2008: Algarve, Portugal.

[10] Krstić, H. & Čulo, K.: *Cost efficiency comparison of classic and solar house, in Quality, environment, health protection and safety managememnt development trends*. 2008: Neum, Bosna i Hercegovina.

[11] Sterner, E.: *Life-cycle costing and its use in the Swedish building sector*. Building Research & Information, 2000. 28.

[12] Asiedu, Y. and P. Gu, *Product life cycle cost analysis: state of the art review*. International Journal of Production Research, 1998. 36(4).

[13] Miller, J., *Facility Operations Cost Trends and the MARS 8 Life Cycle Cost Model. 2008*, Whitestone Briefings: Washington, D.C.

[14] Sterner, E.: *"Green procurement" of buildings*: a study of Swedish clients considerations Construction Management and Economics, 2002. 20.

[15] DZNM, *Zgrade i druge građevine - Planiranje vijeka uporabe - 1. dio*: Opća načela (ISO 15686-1:2000). 2002, Zagreb: Državni zavod za normizaciju i mjeriteljstvo.

[16] ISO, *Buildings and constructed assets - Service life planning - Part 5*: Life cycle costing. 2004.

[17] Ren, G. & Zhang, Q.: *Benchmarking the Life Cycle Cost Management of Building Project*, in International Conference on Intelligent Systems and Knowledge Engineering (ISKE 2007). 2007: China.

[18] El-Haram, M.A. & Horner, M.W.: *Factors affecting housing maintenance cost*. Journal of Quality in Maintenance Engineering, 2002. 8.

[19] Horner, R.M.W., El-Haram, M.A. & Munns, A.K.: *Building maintenance strategy: a new management approach*. Journal of Quality in Maintenance Engineering, 1997. 3.

[20] Marenjak, S.: *Javno-privatno partnerstvo*. 2011., Ekonomski fakultet: Zagreb.

[21] Levander, E., J. Schade, & Stehn, L.: *Life cycle costing for buildings: theory and suitability for addressing uncertainties about timber housing*. 2009.

[22] Liu, H., et al., *Regression models for estimating product life cycle cost*. J Intell Manuf, 2009. 20.

[23] Kishk, M., et al.: *Whole life costing in construction*, A state of the art review. 2003.

[24] Al-Hajj, A.N.: *Simple cost-significant models for total life-cycle costing in buildings*, in Department of Civil Engineering. 1991, University of Dundee: Kirkcaldy.

[25] Kirkham, R.J.: *A stochastic whole life cycle cost model for a National Health Service acute care hospital building*, in Department of Architecture and Building Engineering, Faculty of Social and Environmental Studies, University of Liverpool. 2002.

[26] Boussabaine, A.H. & Kirkham, R.J.: *Whole life cycle performance measurement re-engineering for the UK National Health Service estate*. Facilities, 2006. 24.

[27] El-Haram, M.A., Marenjak, S. & Horner, R.M.W.: *Development of a generic framework for collecting whole life cost data for the building industry*. Journal of Quality in Maintenance Engineering, 2002. 8.

[28] Marenjak, S., El-Haram, M.A. & Horner, R.M.W.: *Whole Life Costing in the Building Industry*: A Case Study, in Construction in the XXI Century: Local and Global Challenges, Joint 2006 CIB Symposium. 2006: Rome.

[29] Al-Hajj, A. & Horner, M.W.: *Modelling the running costs of buildings*. Construction Management and Economics, 1998. 16: p. 459-470.

[30] Consulting, D.L.M.: *Life cycle costing (LCC) as a contribution to sustainable construction: a common methodology*, Final Review 2007: London.

[31] Consulting, D.L.M.: *Life cycle costing (LCC) as a contribution to sustainable construction*, Final Guidance 2007: London.

[32] Aziz, A.M.A.: P*erformance Analysis and Forecasting for WSDOT Highway Projects*. 2007, Washington State Transportation Center (TRAC): Washington.

[33] Cheung, F.K.T. & Skitmore, M.: *Application of cross validation techniques for modelling construction costs during the very early design stage Building and Environment 2005*. 41(12): p. 1973-1990.

[34] Buljan-August, M., Pivac, S. & Štambuk, A.: *Upotreba statistike u ekonomiji*. 2007., Rijeka: Ekonomski fakultet Sveučilišta u Rijeci.

[35] Amemiya, T.: *Introduction to Statistics and Econometrics*. 1994, London: Harvard Univeristy Press.

[36] Montgomery, D.C.: *Design and Analysis of Experiments*. 2001, New York: John Wiley & Sons, Inc.

[37] Baumann, K.: *Cross-validation as the objective function for variable-selection techniques*. Trends in Analytical Chemistry, 2003. 22(6).

[38] Freund, R.J., Wilson, W.J.& Sa, P.: *Regression Analysis Statistical Modeling of a Response Variable*. 2006, London: Elsevier Inc.

[39] Petz, B., *Osnovne statističke metode za nematematičare*. 2004., Zagreb: Naklada Slap.

[40] StatSoft. *Electronic Statistics Textbook*. 2010 12/2010]; Available from: http://www.statsoft.com/textbook/partial-least-squares/.

[41] *Elementary Concepts in Statistics*. 2011, StatSoft, Inc.: Tulsa.

[42] Studenmund, A.H.: *Using Econometrics: A Practical Guide 2000*: Addison Wesley.

[43] Tiljak, M.K. & Ivanković, D.: *Testiranje hipoteze*. 2011 08/2011]; Available from: http://cms.mef.hr/.

[44] Vukelić, A. i Kljusurić, J.G.: *Napredne statističke metode za analizu podataka*. 2009 01/2010]; Available from: http://www.pbf.hr/hr/zavodi/zavod_za_procesno_inzenjerstvo/primjenjena_analiza_podataka.