

Estimacija troškova u zavisnosti od CMM nivoa kompanije i vrste softverskog projekta

Aldina Pljasković, Dženan Avdić, Ljubomir Lazić

Departman za Tehničke nauke

Državni univerzitet u Novom Pazaru

Novi Pazar, Srbija

apljaskovic@np.ac.rs, dzavdic@np.ac.rs, llazic@np.ac.rs

Sadržaj—Estimacija troškova izrade softvera podjednako je bitna i za projektante i za kupce softvera. Kako je veličina softvera u inicijalnim etapama razvoja softvera nepoznata, a direktno utiče na cenu softvera, koriste se brojne tehnike u cilju što ranije i što preciznije spoznaje ovog ključnog elementa. Postoje brojne tehnike za njeno procenjivanje, poput funkcionalnih tačaka i linija koda, ali sve ove metode ne razmatraju razlike u nameni projekata i kompanijama koje ih izrađuju. Stoga smo u ovom radu opisali CMM (Capability Maturity Model) nivoe zrelosti kompanija i klasifikaciju softverskih projekata, i dali procenu troškova izrade softvera uzimajući u obzir ova dva faktora.

Ključne riječi - estimacija troškova, kvalitet softvera, nivo zrelosti, *OptimalSQM*, vrste softvera.

I. UVOD

Poslednjih godina, softver je postao najskuplja komponenta u projektovanju kompjuterskog sistema. Cena razvoja softvera određena je naporom koji osoblje treba da uloži, i najveći broj metoda za procenu troškova fokusira se na ovaj aspekt i daje procenu u jedinici čovek-meseći.[1]

Kao što je rečeno, dobra procena troškova izrade softvera je od ključnog značaja kako za projektante, tako i za kupce softvera. Ona može da se iskoristi za konkurisanje za tender, može se koristiti pri sklapanju ugovora, zatim za raspoređivanje resursa, kontrolu i nadzor razvoja. Procena troškova, koja je niža od stvarnih troškova, može rezultovati izlaženjem iz okvira budžeta ili vremena, sa nepotpunom funkcionalnošću i lošim kvalitetom. Procena troškova iznad realnih troškova može uticati da se, prilikom konkurisanja za posao, ponudi velika cena, koja će odbiti kupca softvera i rezultovati gubitkom posla. Takođe, može se inicijalno angažovati više osoblja nego što je zaista potrebno.

Približna procena je značajna iz sledećih razloga:

- za klasifikaciju i određivanje prioriteta za razvoj projekata prilikom planiranja realizacije poslova u okviru organizacije
- za određivanje potrebnih resursa za izradu projekta i načina na koji će oni biti korišćeni
- lakše je upravljanje i kontrola projekta kada su resursi raspoređeni u skladu sa realnim potrebama
- kupac očekuje poklapanje predviđenih troškova sa stvarnom cenom softvera.

Procena troškova softvera uključuje određivanje:

- napora (obično izraženo u čovek-mesecima)
- trajanju projekta (u kalendarskim mesecima)
- cenu (u odgovarajućoj valuti).

Kod mnogih modela estimacije rezultat je napor, ali se on može jednostavno konvertovati u trajanje projekta i cenu. Iako su napor i cena blisko povezani, nisu uvek vezani jednostavnim transformacionom funkcijom. Napor se meri u čovek-mesecima za programere, analitičare i projekt menadžere.

Naglasak u ovom radu je dat na procenu troškova izrade softvera izraženu u čovek-mesecima, kalendarskim mesecima i ceni, prilikom čega se uzima u obzir nivo zrelosti kompanije koja izrađuje softver, kao i vrsta softvera kojoj projekat pripada. Ostatak rada je organizovan na sledeći način. Druga sekcija daje kratak osvrt na PISA (Poslovna Inteligentna Simulaciona Arhitektura) PlanerExpert, deo Optimal SQM sistema, koji se, između ostalog, bavi i procenom troškova projektovanja softvera. U trećoj i četvrtoj sekciji opisane su osobine CMM nivoa zrelosti i klasifikacija softverskih projekata, respektivno. Naredna sekcija sadrži rezultate procene troškova za dva CMM nivoa i tri vrste softverskih projekata. Na kraju, izvedeni su zaključci na osnovu dobijenih rezultata i prikazani pravci daljeg istraživanja.

II. PREGLED ISTRAŽIVANJA

Brojne studije i istraživanja pokazali su mnoge prednosti povećanja zrelosti organizacionog procesa, korišćenjem različitih pristupa [2].

U [3] je sprovedena empirijska studija u cilju istraživanja efekata CMM-a na dva kritična faktora u strategiji implementacije informacionih sistema, a to su performanse projekta i kvalitet softvera. Potvrđeno je da su CMM nivoi povezani sa implementacijom informacionih sistema, tako što su projekti kompanija sa višim CMM nivoom imali bolje performanse i kvalitet, uz primetno smanjenje napora prilikom razvoja. Zatim je u [4] proučavan uticaj CMM nivoa na defekte, raspored aktivnosti, produktivnost, efikasnost otklanjanja grešaka i na povratak investicija (ROI - Return on Investment), pri čemu je zaključeno da investiranje u povećanje CMM nivoa olakšava razvoj i održavanje softvera.

Ovaj rad delimično je finansiralo Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije u okviru projekta tehnološkog razvoja: "OPTIMALNO UPRAVLJANJE PROCESOM RAZVOJA KVALITETNOG SOFTVERA ", TR 35026.

U [5] je potvrđeno da poboljšanje CMM nivoa rezultira u povećanju kvalitata, produktivnosti i ponovnom korišćenju softvera. U [6] je objašnjeno kako CMM nivo znatno utiče na uloženi napor pri razvoju softvera i produktivnost. U empirijskom istraživanju u [7] opisana je veza između kvaliteta projekta, nivoa zrelosti kompanije, napora tokom razvoja i planiranja projekta. Ova saznanja su pokazala da process zrelosti ima efekat smanjenja vremena i napora u razvoju softvera.

U istraživanju opisanom u [8] zaključeno je da povećanje CMM nivoa utiče pozitivno na planiranje i procenu troškova, kvalitet projekta i povratak investicija. [9]

U istraživanju u [10], proučavano je kako vrsta projekta utiče na troškove projekta u zavisnosti od njihove veličine. Ovo je osnova za dobijene rezultate prikazane u ovom radu, jer uz podatke iz [11], koji se odnose na to kako CMM nivo utiče na troškove u zavisnosti od veličine softvera, nađena je relacija koja povezuje CMM nivo kompanije i vrstu softverskog projekta.

III. PISA PLANEREXPERT

Procena troškova softvera kojom se bavimo u ovom radu biće deo pravila uključenih u OptimalSQM [12]. OptimalSQM predstavlja skup najboljih modela i tehnika iz prakse, integrisanih u optimizovan i kvantitativno rukovođen proces testiranja i održavanja softvera, koji proširuju funkciju testiranja na ceo SDLC (Životni ciklus razvoja softvera). Realizacijom OptimalSQM rešenja za optimalno upravljanje razvojem kvalitetnog softvera, kompanijama u oblasti IC tehnologija, a i šire bi bio ponuđen kao softverski proizvod – Softversko okruženje Poslovne Inteligentne Simulacione Arhitekture sa integrisanim procesima, tehnikama, softverskim aplikacijama, bazom znanja i podataka u oblasti testiranja i održavanja softvera i za neprekidnu/kontinualnu eksperimentalnu optimizaciju industrijskih procesa koji su intenzivno softverski podržani.

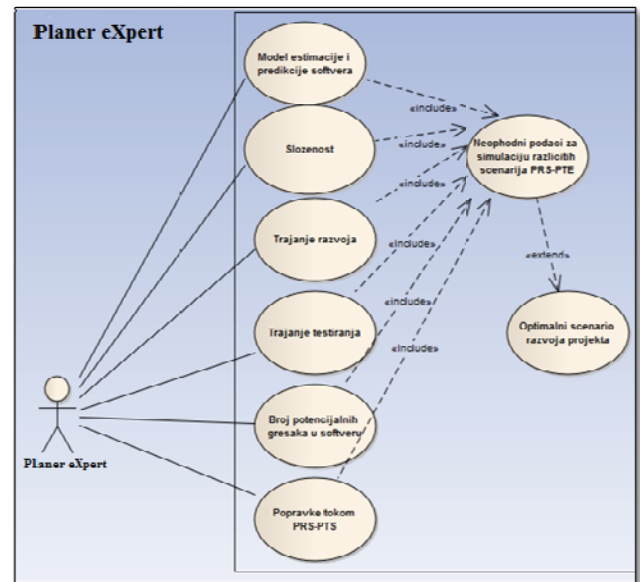
PISA treba, u osnovi, da bude zasnovana na servisno orijentisanoj arhitekturi (Service Oriented Architecture – SOA) sa integrisanim ekspertskim alatima (Profit eXpert, Planner eXpert, Risk Management eXpert, Quality eXpert, Maintenance eXpert, People Performance eXpert i Process Dynamics Control eXpert) za sve modele PRS-PTS (Sl.1)[13].



Sl. 1. PISA alati

Zadatak Profit eXpert softverske komponente je da na bazi izrađenog ekonomskog modela kvaliteta softvera oceni isplativost predloženih aktivnosti obezbeđenja i kontrole kvaliteta PRS-PTS na osnovu ekonomskih parametara (ROI, BCR, CAPEX, OPEX i dr.).

Planer eXpert treba da, na osnovu istraženih modela estimacije i predikcije veličine softvera, složenosti, trajanja razvoja, trajanja testiranja, broja potencijalnih grešaka u softveru, trajanja i cene njihove popravke tokom PRS-PTS, pruži neophodne podatke za simulaciju različitih scenarija PRS-PTS iz kojih se bira optimalni scenario realizacije projekta (Sl. 2).



Sl. 2. Planer eXpert (use case dijagram)

Risk Management eXpert treba da u saradnji sa Profit eXpert softverskim alatom pruži servis menadžerima dizajna i testiranja softvera u: identifikaciji, proceni efekata, plana aktivnosti, smanjenja i kontrole rizika na prihvatljivom nivou datog softverskog projekta.

Quality eXpert treba da integriše specijalizovane ekspertске alate koji obezbeđuju servis menadžerima dizajna i testiranja softvera u: izradi metrike integrisanog procesa merenja kvaliteta softvera, automatizaciji procesa planiranja zasnovanog na modelima estimacije veličine softvera, cene, broju projekatnata, trajanja razvoja i testiranja, proceni i predikciji pouzdanosti softverskog rešenja tokom simulacije različitih scenarija dizajna i u toku realizacije PRS-PTS, koji treba da dovedu do donošenja odluke o završetku PRS-PTS i predaje softveskog proizvoda (IS) na upotrebu.

Maintenance eXpert treba da obezbedi servis menadžerima dizajna i testiranja softvera u: izradi plana i proceni troškova korektivnog, adaptivnog, perfektnog i preventivog održavanja softvera.

People Performance eXpert se koristi za ocenjivanje i praćenje performansi projektnog tima, podizanje stručnog kapaciteta ljudi koji realizuju projekat.

Process Dynamics Control eXpert treba da identifikuje observabilne i kontrolabilne promenjive konkretnog softverskog projekta, da uspostavi kriterijume stabilnosti i optimalnosti u svakoj fazi PRS-PTS i za ceo proces.

Na portalu PISA postoji jedna vrsta „demo verzije“ softvera (Show Room), koja potencijalnim kupcima daje mogućnost prikaza dela funkcionalnosti softverskog alata OptimalSQM. Show Room predstavlja vrstu upitnika čijim popunjavanjem korisnik uže određuje softver koji je potrebno isprojektovati prema njegovoj vrsti, veličini, ali i daje informaciju o nivou zrelosti kompanije koja ga razvija. Nakon unetih vrednosti, rezultat je estimacija određenih parametara, dok će privilegiju da vide detaljne rezultate imati kupci OptimalSQM softverskog paketa.

IV. CMM - NIVOI ZRELOSTI SOFTVERSKIH KOMPANIJA

O CMM (Capability Maturity Model) predstavlja model razvoja softvera čiji je cilj efikasniji pristup procesu razvoja softvera i poboljšanje istog, kreiran od strane Carnegie Mellon univerziteta. Ovaj model sastoji se od pet nivoa kojima se iskazuje stepen formalnosti i optimizacije procesa razvoja, počev od ad hoc pristupa, preko formalno definisanih koraka i upravljanja rezultatima korišćenjem metrika, do aktivne optimizacije procesa.

CMM1 – početni, inicijalni nivo. Karakteristika inicijalnog nivoa zrelosti jeste haotično i nestabilno okruženje za razvojni proces. Pod ovim se podrazumeva loše dokumentovan i nekontrolisan proces razvoja softvera, vođen ad hoc pristupom i sklon dinamičkim promenama.

CMM2 – nivo ponovljivosti. Karakteristika razvojnog procesa na ovom nivou je ponovljivost nekih procesa sa konzistentnim rezultatima.

CMM3 – nivo definicije. Karakteristika procesa na ovom nivou jeste postojanje skupa definisanih i dokumentovanih standarda koji se primenjuju u procesu razvoja, kao i to što ovi procesi imaju određeni stepen poboljšanja nakon određenog vremenskog intervala. Pomenuti standardizovani procesi služe da uspostave konzistentnost izvođenja procesa razvoja u okviru jedne organizacije.

CMM4 – nivo upravljanja. Karakteristika procesa na ovom nivou je efikasno upravljanje i kontrolisanje procesa korišćenjem softverskih metrika.

CMM5 – nivo optimizacije. Karakteristika procesa na ovom nivou je konstantno poboljšanje softverskog procesa i uvođenje tehnoloških inovacija i promena u procesu razvoja. [14]

V. KLASIFIKACIJA SOFTVERSKIH PROJEKATA

Estimacija softverskih projekata obuhvata mnogo veći opseg aktivnosti od samog kodiranja i projektovanja. Ove aktivnosti slične su za pojedine vrste projekata, pa se stoga softverski projekti mogu klasifikovati [15] u šest kategorija: web projekti, upravljački informacioni sistemi, *outsorce* softverski projekti, komercijalni projekti, sistemi i vojni softverski projekti.

U ovom kontekstu, pod web projektima smatraju se web sajtovi.

Outsource projekti su slični informacionim sistemima, samo što su razvijeni od strane eksterne organizacije. Sistemi predstavljaju projekte koji upravljaju fizičkim uređajima, poput kompjutera ili telekomunikacionih sistema.

Pod vojnim softverom podrazumevaju se svi projekti u koja su uključena ograničenja usled vojnih standarda.

Komercijalni softver je npr. softver za obradu teksta, tabelarna proračunavanja i sl.

VI. REZULTATI ESTIMACIJE

Istraživanje smo sprovedi nad tri softvera slične veličine (oko 1000 FP), ali koji pripadaju različitim vrstama softvera (MIS, Web i komercijalni softver). S obzirom na to da se radi o projektima relativno male veličine, razmatrali smo kompanije koje su CMM2 i CMM3 nivoa zrelosti. CMM4 i CMM5 kompanije su manje zastupljene, a domen njihovog rada jesu projekti veće veličine.

Na osnovu podataka koje je dao Capers Jones [10] i podataka vezanih za CMM kompanije [11], proračunali smo troškove u čovek-mesecima i trajanju projekta. Konačan iznos u odgovarajućoj novčanoj valuti zavisi od prosečne mesečne zarade (k za CMM2 i m za CMM3). Koeficijent m veći je od koeficijenta k , jer prelazak sa jednog CMM nivoa na drugi iziskuje troškove organizacije na obuku zaposlenih, unapređenje kadra i sl.

Podaci koji se odnose na broj potrebnih članova tima u zavisnosti od vrste softvera i veličine softvera u funkcionalnim tačkama (tabela 1), i ceni softvera po funkcionalnoj tački (tabela 2) u zavisnosti od vrste i veličine softvera korišćeni su prema [16]. U narednim tabelama prikazani su relevantni izvodi (za tri vrste softvera, ne za svih šest) iz ovih podataka koji su korišćeni u estimaciji troškova za različite CMM nivoe.

TABELA 1: BROJ POTREBNIH ČLANOVA TIMA U ZAVISNOSTI OD VRSTE SOFTVERA I VELIČINE SOFTVERA U FP

Velicina u FP	MIS projekti	Web projekti	Komercijalni projekti
1	1,00	1,00	1,00
10	1,00	1,00	1,00
100	1,33	1,54	1,41
1.000	5,88	5,75	6,33
10.000	61,73	59,52	64,10
100.000	632,91	625,00	628,93
1.000.000	6.410,26	6.134,97	6.535,95
<i>Prosečno</i>	<i>1.016,30</i>	<i>975,54</i>	<i>1.034,10</i>

U tabeli 1 prikazani su podaci za navedene tri vrste softvera, za različite veličine projekta u FP, a odnose se na neophodno osoblje pri izradi projekta. Na 1000 funkcionalnih tačaka razlikuje se broj potrebnog osoblja u zavisnosti od vrste

projekta. [16] Ova tabela koristi se kasnije u proračunima za određivanje cene projekta (broj radnih sati * osoblje).

TABELA 2: TROŠKOVI PO FP U ZAVISNOSTI OD VRSTE SOFTVERA I VELIČINE SOFTVERA U FP

Veličina u FP	MIS projekti	Web projekti	Komercijalni projekti
1	0,030	0,020	0,030
10	0,035	0,025	0,070
100	0,053	0,046	0,056
1.000	0,071	0,057	0,082
10.000	0,272	0,220	0,269
100.000	0,392	0,350	0,365
1.000.000	0,474	0,417	0,451
<i>Prosečno</i>	<i>0,190</i>	<i>0,162</i>	<i>0,189</i>

Tabela 2 je korišćena za izračunavanje FP po mesecu i radnih sati po FP.

Komercijalni softver – kao primer ove vrste softvera uzeli smo desktop aplikaciju koja služi kao rečnik sa mogućnošću prevoda reči i dokumenata. Broj plaćenih radnih sati dnevno je 7 (22 radna dana u mesecu), prema Capers Jones [10]. Estimacija troškova za ovu vrstu softvera prikazana je u tabeli 3.

TABELA 3: ESTIMACIJA TROŠKOVA ZA KOMERCIJALNI SOFTVER

<i>CMM nivo</i>	<i>CMM2</i>	<i>CMM3</i>
Radnih sati po FP	27,04	21,53
Osoblje	6,33	6,33
Čovek meseci	175,58	139,81
Kalendarski meseci	27,74	22,09
FP po mesecu	5,70	7,15
Ukupni troškovi	175,58*k	139,81*m
Troškovi po FP	0,176	0,140

MIS softver - Primer ovakvog softvera je program za evidenciju prisustva zaposlenih planiran da opslužuje mala i srednja preduzeća koja imaju od 10 do 100 zaposlenih. Sistem bi se koristio za generisanje različitih izveštaja i onlajn obaveštenja. Broj plaćenih radnih sati dnevno je 5,5 (22 radna dana u mesecu), prema Capers Jones [10].

Estimacija troškova za ovu vrstu softvera prikazana je u tabeli 4.

TABELA 4: ESTIMACIJA TROŠKOVA ZA MIS PROJEKAT

<i>CMM nivo</i>	<i>CMM2</i>	<i>CMM3</i>
Radnih sati po FP	27,04	21,53
Osoblje	5,88	5,88
Čovek meseci	223,47	177,93
Kalendarski meseci	38,01	30,26
FP po mesecu	4,47	5,62
Ukupni troškovi	223,47*k	177,93*m
Troškovi po FP	0,223	0,178

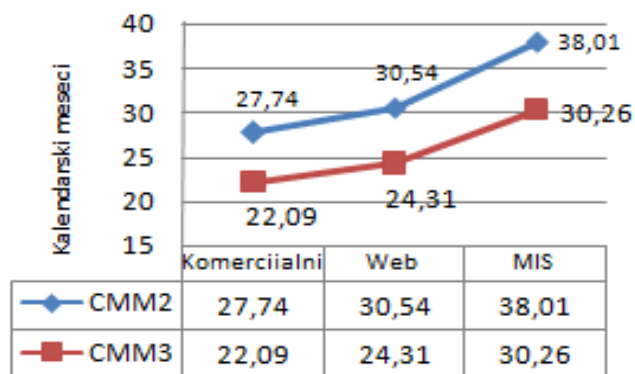
Web projekat – Primer ovakvog softvera je softver za pružanje usluge online bankarstva. Sistem omogućava otvaranje novih naloga, prijavu klijenta na aplikaciju, i uplatu, isplatu i transfer sredstava sa računa. Broj plaćenih radnih sati dnevno je 7 (22 radna dana u mesecu), prema Capers Jones [10]. Estimacija troškova za ovu vrstu softvera prikazana je u tabeli 5.

TABELA 5: ESTIMACIJA TROŠKOVA ZA WEB PROJEKAT

<i>CMM nivo</i>	<i>CMM2</i>	<i>CMM3</i>
Radnih sati po FP	27,04	21,53
Osoblje	5,75	5,75
Čovek meseci	175,58	139,81
Kalendarski meseci	30,54	24,31
FP po mesecu	5,70	7,15
Ukupni troškovi	175,58*k	139,81*m
Troškovi po FP	0,176	0,140

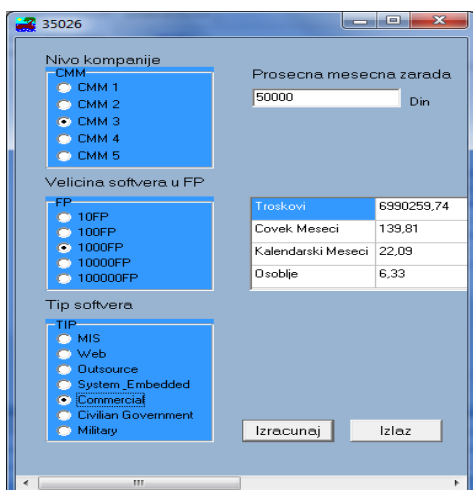
Ono što možemo zaključiti posmatrajući dobijene rezultate jeste da je kompanijama CMM3 nivoa zrelosti potrebno manje radnih sati po funkcionalnoj tački, što utiče na brže kompletiranje softvera, odnosno manji broj kalendarskih meseci neophodnih za izradu softvera (Sl. 3). Međutim, koeficijent kojim se označava mesečna zarada po programeru nije isti za kompanije CMM2 i CMM3 nivoa, što utiče na krajnji iznos troškova izražen u određenoj valuti.

Takođe ova razlika u krajnjim troškovima za CMM2 i CMM3 varira u zavisnosti od vrste softvera. Iz tabela možemo videti da je razlika u troškovima za CMM2 i CMM3 nivo nešto kod MIS projekata u odnosu na komercijalne i Web projekte.



Sl. 3. Trajanje izrade projekta

Demo verzija Show Room-a prikazana je na slici 4. Ona funkcioniše na osnovu prikupljenih podataka i pravila koja će biti proširena i na ostale nivoe zrelosti kompanija, kao i na ostale veličine softvera. Planirano je da se u budućnosti implementira i online verzija Show Room aplikacije, koja će imati funkcionalnosti kao desktop verzija, s tim što će akcenat biti na korisničkom interfejsu. Online verzija Show Room-a (Demo Lab) biće dostupna na portal www.bisa.rs.



Sl. 4 Show Room

VII. ZAKLJUČAK

Prikupljeni podaci i rezultati istraživanja bitni su i za naručioce softvera, ali i za izvođače radova. Naručiocu softvera podaci treba da pokažu da li se isplati da projekat radi kompanija nižeg nivoa zrelosti za nešto duži vremenski period po nižoj ceni, ili, pak kompanija višeg nivoa zrelosti, za kraće vreme po višoj ceni. Imajući u obzir budžet koji je spreman da odvoji za kupovinu softvera ili pak vremenski period do kog je potrebno da softver bude isporučen, naručilac ima pravo izbora. Softverske kompanije, na osnovu ovih podataka, mogu ispitati isplativost podizanja nivoa zrelosti svoje organizacije.

Show Room i OptimalSQM koristeći ove podatke, uz bazu znanja sa mnoštvom pravila, rado će pružiti detaljnu estimaciju brojnih parametara zainteresovanim stranama.

Cilj naših daljih istraživanja biće upotpunjavanje baze znanja i pravila novim podacima, kako bi estimacija bila što približnija realnim troškovima.

LITERATURA

- [1] H. Leung, Z. Fan, Software Cost Estimation, Department of Computing The Hong Kong Polytechnic University, 2002
- [2] J. Herbsleb, A. Carleton, J. Rozum, J. Siegel, and D. Zubrow, "Benefits of CMM-Based Software Process Improvement: Initial Results," Technical Report, CMU/SEI-94-TR-13, Software Engineering Institute, Carnegie Mellon, University, Pittsburgh, 1994.
- [3] D. Galin and M. Avrahami, "Are CMM Program Investments Beneficial? Analyzing Past Studies," Software IEEE, vol. 23, December 2006, pp. 81-87
- [4] H. Girish, J. James, and G. Klein, "Software Quality and IS Project Performance Improvements from Software Development Process Maturity and IS Implementation Strategies," Journal of Systems and Software, vol. 80, July 2006, pp. 616-627

- [5] M. Diaz and J. King, "How CMM Impacts Quality, Productivity, Rework, and the Bottom Line," The Journal of Defense Software Engineering, vol. 15, March 2002, pp. 9-14
- [6] G. Memon, "Influence of Process Maturity Level on Software Development Effort of Standard Size Projects," Journal of Information and Communication Technology, vol. 2, Spring 2008, pp. 10-18
- [7] H. Donald, M. Krishnan, and A. Slaughter, "Effects of Process Maturity on Quality, Cycle Time, and Effort in Software Product Development," Journal of Management Science, vol. 46, April 2000, pp. 451-466
- [8] D. Gibson, D. Goldenson, and K. Kost, "Performance Results of CMMI-Based Process Improvement," Technical Report, Software Engineering Institute CMU/SEI-2006-TR-004 ESC-TR-2006-004, 2006
- [9] M. Alyahya, R. Ahmad, and S. P. Lee, "Impact of CMMI-Based Process Maturity Levels on Effort, Productivity and Diseconomy of Scale", The International Arab Journal of Information Technology, Vol. 9, July 2012, pp. 352-360
- [10] C. Jones, "Software Project Management Practices: Failure Versus Success." CrossTalk The Journal of Defense Software Engineering, vol. 17, October 2004, pp. 5-9
- [11] S. H. Kan, Metrics and Models in Software Quality Engineering, Second Edition, Addison Wesley, 2002, pp. 560
- [12] Lj. Lazić, "OptimalSQM – Optimal software quality management framework", Infotech-Jahorina vol. 10, ref. e-i-18, March 2011, pp. 476-480
- [13] Lj. Lazić, N. Mastorakis. "Cost Effective Software Test Metrics", WSEAS TRANSACTIONS on COMPUTERS, vol. 7, June 2008, pp. 599-619
- [14] W. S. Humphrey, "Characterizing the Software Process A Maturity Framework", Software Engineering Institute Carnegie Mellon University Pittsburgh, June 1987
- [15] C. Jones, "Software Cost Estimating Methods for Large Projects", CROSSTALK The Journal of Defense Software Engineering, vol. 18, April 2005, pp. 9-12
- [16] Software Productivity Research, <http://www.spr.com>
- [17] A. J. Albrecht, J. E. Gaffney "Software Functions, Source Lines of Code and Development Efforts Prediction: A Software Science Validation", IEEE Transactions on Software Engineering, SE-9, November 1983, pp. 639-648

ABSTRACT

Software cost estimation is equally important for software developers and customers. As the size of software in the initial stages of software development is unknown, and it has direct impact on the cost of software, a number of techniques are used in order to achieve earlier and more precise understanding of this key element. There are a number of techniques for estimating software size as functional points and lines of code, but these methods do not consider differences in the purpose of software projects and companies that will develop them. Therefore, in this paper we described the CMM levels of companies and classification of software projects, and provided cost estimation for producing software taking into account these two factors.

SOFTWARE COST ESTIMATION DEPENDING ON THE CMM LEVEL OF COMPANY AND TYPE OF SOFTWARE PROJECT

Aldina Pljasković, Dženan Avdić, Ljubomir Lazić