



Principi softverskog inženjerstva

Predavanja - X nedelja

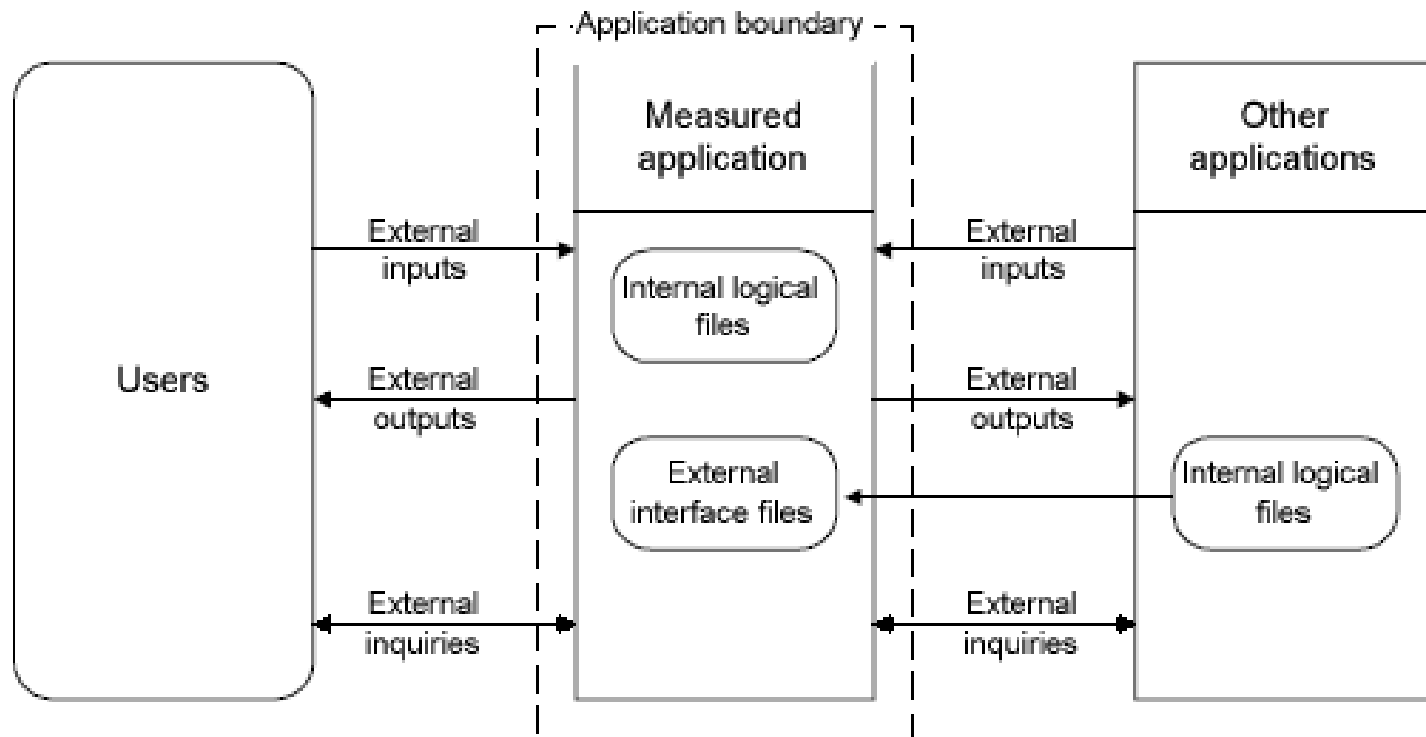
Procena softvera

Prof. Dragan Bojić,
Elektrotehnički fakultet
Univerziteta u Beogradu

Funkcijski poeni



Function Point Model



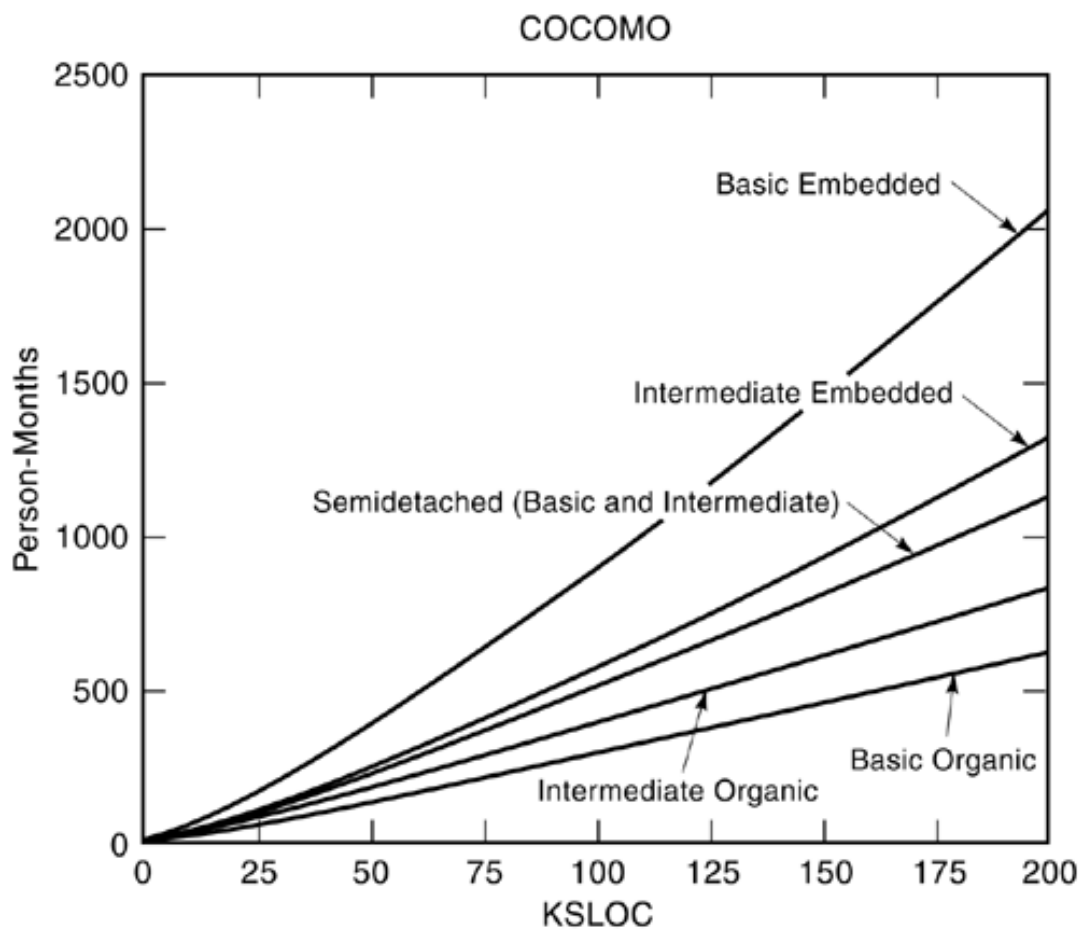
COCOMO

The COntstructive COst MOdel

- Analizirana 63 softverska projekta
- Projekti su posmatrani sa strane:
 - stvarne veličine linija koda (LOC, KLOC)
 - stvarnog truda koji se utroši
 - stvarnog trajanja aktivnosti
- Regresionom analizom utvrđena je eksponencijalna jednačina koja najbolje opisuje odnos između podataka

Boehm-ova raspodela

- Razvijeno je više jednačina da bi se uklopile u liniju za korišćenje u budućim predviđanjima



Osnovne operacije sa CVS-om

- COCOMO ima 3 tipa sistema, koji se kategorizuju prema kompleksnosti sistema i razvojnom okruženju:
 - Životni (*organic*) tip
 - Dvojni (*semidetached*) tip
 - Ugrađeni (*embedded*) tip

Životni tip - karakteristike



- Koristi se za sisteme kao što su platni spiskovi, sistemi za popis inventara i naučne proračune
- Projektni tim je mali
- Koristi mali broj inovacija
- Nema puno ograničenja i rokova
- Razvojno okruženje je stabilno

Dvojni tip - karakteristike



- Koristi se za kompajlere, sisteme za rad sa bazom podataka i editore
- Projektni tim srednje veličine
- Potrebno je više inovacija
- Ograničenja i rokovi su umereni
- Razvojno okruženje je fluidno

Ugrađeni tip - karakteristike

- Koristi se za sisteme za rad u realnom vremenu, kao što su sistemi za kontrolu vazdušnog saobraćaja ili sistemi za naoružanje
- Projektni tim je veliki
- Potrebna je velika inovacija
- Ograničenja i rokovi su kratki
- Razvojno okruženje se sastoji od mnogo složenih interfejsa, uključujući i hardver i okruženje za rad sa klijentima

Karakteristike



Tip	Veličina proizvoda	Veličina projekta/tima	Inovacije	Deadline	Razvojno okruženje
Životni	Obično 2-50 KLOC	Mali projekat, mali tim, razvojni tim blizak alatima za razvoj	Male	Nema puno	Stabilno, često in-house projekat
Dvojni	Obično 50-300 KLOC	Srednji projekat i srednji tim	Srednje	Srednji broj	Srednje
Ugrađeni	Obično preko 300 KLOC	Veliki projekti zahtevaju velike timove	Ogromne	Nekoliko ograničenja	Kompleksno

COCOMO nivoi (1)



● Osnovni (*Basic*)

- Koristi samo veličinu i tip sistema da odredi napore i dinamiku, dobar je za brze i grube procene, kod malih i srednjih projekata

● Srednji (*Intermediate*)

- Ovaj nivo koristi veličinu, tip sistema i 15 dodatnih promenljivih, kako bi ustanovili napore. Dodatne promenljive se zovu “cena za korisnike” i odnose se na proizvod, personal,... i druge projekte atributi od kojih zavisi da li će biti potrebno uložiti više ili manje napora

COCOMO nivoi (2)



- Detaljni (*Detailed*)

- Oslanja se na srednji nivo, uvođenjem dodatne mogućnosti koja za napor u određenim fazama uvodi multiplikator i tri nivoa hijerarhije proizvoda.
- Multiplikatori se uglavnom koriste u zrelim organizacijama i zahtevaju upotrebu automatizovanih alata.

Tri nivoa hijerarhije

- Svaki veći sistem se može dekomponovati na: sisteme, podsisteme i module, tako da naprave stablo WBS (*Work Breakdown Structure*)
- Podelom na više nivoa, moguće je bolje proceniti softver
- Primeri:
 - Iskustvo programera u određenom jeziku se može primeniti samo na nivou modula
 - Sposobnost analitičara se može primeniti i na nivou podsistema i na nivou modula
 - Pouzdanost se može primeniti na sva tri nivoa

...

Osnovni COCOMO - formula

- Procena napora se izračunava po formuli:

$$E = a \times (\text{Size})^b$$

- gde a i b predstavljaju konstante izračunate iz regresivne analize (u zavisnosti od projekta),
 - Size predstavlja broj linija koda u hiljadama (KLOC),
 - E predstavlja napor koji se izražava u broju čovek-meseci.
- Napor se meri u broju čovek-meseci, gde se prosečan rad predstavlja sa 19 dana mesečno ili 152 radnih sati mesečno.

Osnovni COCOMO - konstante

Tip	Konstanta a	Konstanta b	Formula za napor $E = a \times (\text{Size})^b$	Formula za razvojno vreme
Životni	2.4	1.05	$E = 2.4 \times (S)^{1.05}$	$\text{TDEV} = 2.5 \times (E)^{0.38}$ Months
Dvojni	3.0	1.12	$E = 3.0 \times (S)^{1.12}$	$\text{TDEV} = 2.5 \times (E)^{0.35}$ Months
Ugrađeni	3.6	1.20	$E = 3.6 \times (S)^{1.20}$	$\text{TDEV} = 2.5 \times (E)^{0.32}$ Months

Primer

- Projekat iste veličine koda, ali različitog tipa, daje različite rezultate:
- Projekat sa 200 KLOC
- Životni tip:
 $2.4 \times (200)^{1.05} = 2.4(260.66) = 626 \text{ PM}$
- Dvojni tip:
 $3.0 \times (200)^{1.12} = 3.0(377.71) = 1,133 \text{ PM}$
- Ugrađeni tip:
 $3.6 \times (200)^{1.20} = 3.6(577) = 2,077 \text{ PM}$
- PM - broj čovek/meseci (person/months, ali označava se i sa SM - staff/months)

Formule za procenu trajanja projekta

- Trajanje projekta za životni tip:
 $TDEV = 2.5 \times (E)^{0.38}$
- Trajanje projekta za dvojni tip:
 $TDEV = 2.5 \times (E)^{0.35}$
- Trajanje projekta za ugrađeni tip:
 $TDEV = 2.5 \times (E)^{0.32}$

COCOMO formule za angažovane

- Prosečan broj ljudi koji se angažuje:
 $SS = \text{Effort} / \text{TDEV}$
- Prosečna produktivnost:
 $P = \text{Project_Size} / \text{Effort}$

Zadatak 1



- Kompanija razvija standardni softver od 7500 linija koda, u osnovnom (životnom) režimu. Izračunati:
 - Uloženi napor
 - Vreme razvoja softvera
 - Prosečan broj angažovanih u timu
 - Produktivnost

Zadatak 1 - Rešenje

- Osnovna COCOMO jednačina za napor (E) je:
 - $\text{Effort (PM)} = 2.4(\text{KLOC})^{1.05} = 2.4(7.5)^{1.05} = 2.4(8.49296) = 20 \text{ PM}$
- Vreme razvoja softvera (TDEV):
 - $\text{TDEV} = 2.5(\text{SM})^{0.38} = 2.5(20)^{0.38} = 2.5(3.1217) = 8 \text{ meseci}$
- Prosečan broj angažovanih:
 - $\text{Staff} = \text{Effort} / \text{TDEV} = 20 \text{ čovek-meseci} / 8 \text{ meseci} = 2.5 \text{ angažovana čoveka}$
- Produktivnost (P):
 - $\text{Productivity} = \text{Size} / \text{Effort} = 7,500 \text{ LOC} / 20 \text{ PM} = 375 \text{ LOC/PM}$

Zadatak 2



- Razvojni tim procenjuje svoj projekat na 55 hiljada linija koda. Smatra se da je projekat srednje složenosti.

Izračunati:

- Uloženi napor
- Vreme razvoja softvera
- Prosečan broj angažovanih u timu
- Produktivnost

Zadatak 2 - Rešenje



- Za grube procene napora korišćićemo formulu:

$$E \text{ (effort in person-months)} = 3.0(\text{KLOC})^{1.12}$$

$$E \text{ (effort in person-months)} = 3.0(55)^{1.12}$$

$$E = 3.0(88.96)$$

$$E = 267 \text{ person-months}$$

Zadatak 2 - Rešenje



- Da izračunamo za koliko će se izvršiti projekat koristimo formulu:

$$TDEV = 2.5 \times (E)^{0.35}$$

$$TDEV = 2.5 \times (267)^{0.35}$$

$$TDEV = 2.5(7.07)$$

$$TDEV = 17.67 \text{ meseci}$$

Zadatak 2 - Rešenje

- Broj potrebnih članova razvojnog tima dobićemo po sledećoj formuli:

$$S \text{ (prosek zaposlenih)} = \text{effort} \div \text{TDEV}$$

$$S \text{ (prosek zaposlenih)} = 267 \div 17.67$$

$$S \text{ (prosek zaposlenih)} = 15.11$$

Zadatak 2 - Rešenje



- Produktivnost računamo po formuli:

$$P \text{ (productivity)} = \text{size} \div \text{effort}$$

$$P \text{ (productivity)} = 55,000 \div 267$$

$$P \text{ (productivity)} = 206 \text{ LOC/PM}$$

COCOMO - srednji nivo

Intermediate COCOMO level

- Napor za životni tip:
 $E = 3.2 \times (\text{Size})^{1.05} \times C$
- Napor za dvojni tip:
 $E = 3.0 \times (\text{Size})^{1.12} \times C$
- Napor za ugrađeni tip:
 $E = 2.8 \times (\text{Size})^{1.20} \times C$

COCOMO - srednji nivo



Tip	Konstanta a	Konstanta b	Formula za napor Effort = a x (Size) ^b x C
Životni	3.2	1.05	$E = 3.2 \times (S)^{1.05} \times C$
Dvojni	3.0	1.12	$E = 3.0 \times (S)^{1.12} \times C$
Ugrađeni	2.8	1.20	$E = 2.8 \times (S)^{1.20} \times C$

Koncept prilagođavanja napora

- Faktor prilagođavanja - EAF
(The effort adjustment factor)
ima za posledicu povećanje ili smanjenje napora, i zavisi od različitih faktora okoline. Nazivaju se i faktori prilagođavanja troškova ili troškovi za korisnike (“cost drivers”)
- Postoje dva načina za određivanje multiplikatora:
 - Dodeliti numeričke vrednosti ceni
 - Multiplikovati troškove tako da se izgeneriše EAF



- **Produktivnost za “Cost Drivers” (CD) koristi faktor prilagođavanja EAF:**
 - $EAF = C_1 \times C_2 \times \dots \times C_n$
- IF
- $C_i = 1$, podrazumeva da se CD ne računa
- $C_i > 1$, podrazumeva povećanu cenu zbog ovog faktora
- $C_i < 1$, podrazumeva smanjenu cenu zbog ovog faktora

Atributi proizvoda



- Neki od atributa koji će uticati na povećanje/smanjivanje troškova projekta imaju veze sa samim proizvodom ili sa prirodom posla koji treba da se uradi.
- Oni uključuju:
 - potrebnu pouzdanost - odnosi se uglavnom na aplikacije u realnom vremenu
 - veličinu baze podataka - odnosi se uglavnom na aplikacije koje obrađuju velike količine podataka
 - složenost - poštovanje vremenskih ograničenja

Atributi računara



- Računar je sredstvo za podršku, koje treba da ispuni neke uslove:
 - ograničeno vreme izvršavanja - primenjuje se kada je brzina procesora jedva dovoljna
 - ograničenja skladišta - primenjuje se kada je veličina memorije jedva dovoljna
 - nestabilnost virtuelne mašine (hardver + operativni sistem)

Atributi projekta



- Na projektu se primenjuju sledeće prakse:
 - Savremene prakse programiranja - strukturane tehnike i objektno-orijentisani pristup
 - Savremeni programski alati - CASE, dobri debuggeri, sa mogućnošću da se testiraju
 - Raspored kompresije (ili ekspanzije) - odstupanje od idealne nikada ne može da pomogne

Produktivnost za Cost Drivere

● $C = \text{RELY} \times \text{DATA} \times \text{CPLX} \times \text{TIME} \times \text{STOR} \times \text{VIRT} \times \text{TURN} \times \text{ACAP} \times \text{AEXP} \times \text{PCAP} \times \text{VEXP} \times \text{LEXP} \times \text{MODP} \times \text{TOOL} \times \text{SCED}$

Proizvod	Računar	Personal	Projekat
Required Software Reliability (RELY)	Execution Time Constraint (TIME)	Analyst Capability (ACAP)	Use of Modern Programming Practices (MODP)
Database Size (DATA)	Main Storage Constraint (STOR)	Application Experience (AEXP)	Use of Software Tools (TOOL)
Product Complexity (CPLX)	Virtual Machine Volatility (VIRT)	Programmer Capability (PCAP)	Required Development Schedule (SCED)
	Computer Turnaround Time (TURN)	Virtual Machine Experience (VEXP)	
		Programming Language Experience (LEXP)	

Vrednosti za CD



Cost Drivers	Ratings					
	Very Low	Low	Nominal	High	Very High	Extra High
<i>Product Attributes</i>						
Required Software Reliability (RELY)	.75	.88	1.00	1.15	1.40	
Database Size (DATA)		.94	1.00	1.08	1.16	
Product Complexity (CPLX)	.70	.85	1.00	1.15	1.30	1.65
<i>Computer Attributes</i>						
Execution Time Constraint (TIME)			1.00	1.11	1.30	1.66
Main Storage Constraint (STOR)			1.00	1.06	1.21	1.56
Virtual Machine Volatility (VIRT)		.87	1.00	1.15	1.30	
Computer Turnaround Time (TURN)		.87	1.00	1.07	1.15	
<i>Personnel Attributes</i>						
Analyst Capability (ACAP)	1.46	1.19	1.00	.86	.71	
Application Experience (AEXP)	1.29	1.13	1.00	.91	.82	
Programmer Capability (PCAP)	1.42	1.17	1.00	.86	.70	
Virtual Machine Experience (VEXP)	1.21	1.10	1.00	.90		
Programming Language Experience (LEXP)	1.14	1.07	1.00	.95		
<i>Project Attributes</i>						
Use of Modern Programming Practices (MODP)	1.24	1.10	1.00	.91	.82	
Use of Software Tools (TOOL)	1.24	1.10	1.00	.91	.82	
Required Development Schedule (SCED)	1.23	1.08	1.00	1.04	1.10	

Zadatak 3



- Projekat je procenjen na 44 čovek-meseci. Korišćenje sposobnijih kadrova na projektu smanjuje kako ACAP i PCAP rejting od nominalne vrednosti 1.0 na 0.86, ali takvo osoblje povećava troškove sa 5000 evra na 6000 evra po čovek-mesec.
- Pretpostavimo da su svi ostali troškovi za korisnike stavljani na nominalnu vrednost (1.0).

Zadatak 3 - Rešenje

- Effort Adjustment Factor (EAF):

$$C = \text{RELY} \times \text{DATA} \times \text{CPLX} \times \text{TIME} \times \text{STOR} \times \text{VIRT} \times \\ \text{TURN} \times \text{ACAP} \times \text{AEXP} \times \text{PCAP} \times \text{VEXP} \times \text{LEXP} \times \\ \text{MODP} \times \text{TOOL} \times \text{SCED} = 1.00 \times 1.00 \times 1.00 \times 1.00 \\ \times 1.00 \times 1.00 \times 1.00 \times 0.86 \times 1.00 \times 0.86 \times 1.00 \times \\ 1.00 \times 1.00 \times 1.00 \times 1.00 = 0.74$$

- Prilagođavanje:

$$44 \text{ PM} \times 0.74 = 32.6$$

Zadatak 3 - Rešenje



- 44 PM @ 5 000 € /PM = 220 000 €
- 32.6 PM @ 6 000 € /PM = 195 600 €

- Razlika: 24 400 €