

Problematika sistemov za vodenje popraviljanja in vzdrževanja

Tomaž Dogša

cV&Vs Center za verifikacijo in validacijo sistemov

Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko, Univerza v Mariboru, Smetanova 17, 2000 Maribor

tdogsa@uni-mb.si

Povzetek

Vsaka organizacija, ki želi delovati v skladu s smernicami glede kakovosti, mora vzpostaviti sistem, ki bo omogočal beleženje in nadzor nad nepravilnostmi ter spremembami (v nadaljevanju sistem SVPV). Kakovosten sistem SVPV ne omogoča samo nadzora nad zahtevki za spremembo, ampak tudi razne analize, s katerimi lahko ugotavljamo uspešnost oziroma slabosti razvoja. V prispevku je opisana problematika teh sistemov in na kratko komentiran standard IEEE 1044-1993.

Abstract

Difficulties of Problem Tracking and Maintenance Systems

Each organisation intending to work according to the quality guidelines has to introduce a system of problem tracking and control of changes. The problem tracking system (PTS) of high quality does not support only data capturing, but also enables comparative analysis of effectiveness and weaknesses of software development cycle. In this paper a brief description of issues concerning PTS is presented and IEEE 1044-1993 Standard is also discussed.

1 Uvod

Ena izmed značilnosti informacijskih sistemov je, da se pogosto spreminjajo. Formalni razlog, s katerim se zahteva sprememba komponente ali sistema, bomo poimenovali zahtevek za spremembo ali na kratko zahtevek. V mnogih primerih so obravnavane samo nepravilnosti in je zahtevek za spremembo v bistvu opažena nepravilnost ali problem. Zahtevki za spremembo so pomemben vir podatkov, na podlagi katerega lahko sklepamo o trenutni kakovosti produkta in razvoja, napovedujemo končno kakovost, razporejamo resurse in napovedujemo datum, ko bo produkt predan naročniku.

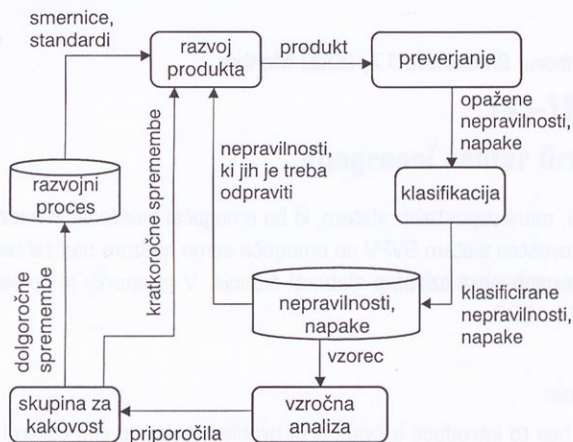
Ker zahtevek sproži niz aktivnosti, ki lahko pomembno vplivajo na stroške, roke in kakovost sistema, je zelo pomembno, da imamo dober nadzor nad celotno življenjsko dobo zahtevka. Glede na razvojni cikel se spremembe sistema pojavljajo predvsem pri preverjanju in vzdrževanju. Vzroke za spremembo strukture sistema lahko uvrstimo v naslednje kategorije: nepravilno delovanje, izboljšava, prilagajanje spremembam v okolju in nove naročnikove zahteve. Prvi dve kategoriji kakovost dvigujeta, medtem ko jo zadnji dve samo ohranjata. Ko so vzroki za zahtevek odpravljeni, se konča njegov življenjski cikel.

Vsaka organizacija, ki želi delovati v skladu s smernicami glede kakovosti, mora vzpostaviti sistem, ki bo omogočal beleženje in nadzor nad nepravilnostmi ter

spremembami. Ta sistem bomo v nadaljevanju imenovali SVPV (sistem za vodenje popraviljanja in vzdrževanja). Ker je kakovost produkta odvisna tudi od kakovosti procesa, se to odraža v nekaterih standardih, ki so povezani s kakovostjo. ISO 9001:2000 (sekcija 4.2.4 Obvladovanje zapisov) zahteva od dobavitelja, da mora vzpostaviti in vzdrževati postopke za prepoznavanje, zbiranje, urejanje, dopolnjevanje, shranjevanje, vzdrževanje in odstranjevanje zapisov o kakovosti. V ISO 9000-3 (Poglavje 5.7.3 Preskušanje) je zahtevano, da mora biti vsaka zaznana težava zapisana in njen status nadzorovan, dokler ni odpravljena. Tudi zrelostni model CMM (Capability Maturity Model) govori o procesiranju zapisov o ugotovljenih nepravilnostih. Nivo 2 zahteva samo beleženje in nadzor nad odpravo nepravilnosti, medtem ko nivo 3 zahteva še analizo nepravilnosti. Z vzročno analizo¹ najdenih nepravilnosti in napak lahko dobimo vpogled v slabosti razvojnega procesa (glej zgled na preglednici 1). Na nivoju 4 je dodana še ocena napovedovanja zelo verjetnih nepravilnosti. Najvišji nivo (5) zahteva, da morajo biti vzpostavljene tudi aktivnosti za preprečevanje nepravilnosti.

¹ Več o tej problematiki glej v članku [CARD, 1998].

Slika 1 prikazuje tipični razvojni proces, v katerem sistematično zapisujemo zahteve. Ker je sistem za zapisovanje zahtevkov ključni element, od katerega so odvisne druge aktivnosti, se bomo v tem prispevku osredotočili predvsem na njegovo problematiko.



Slika 1. Z vzročno analizo lahko izboljšujemo kakovost razvojnega procesa

Na tržišču obstaja niz sistemov² SVPV. To so podatkovno podprte aplikacije, ki so namenjene nadzoru nad popraviljanjem in vzdrževanjem. Ker gre za relativno preproste podatkovne baze, so mnoge organizacije izdelale svoje sisteme SVPV. V večini primerov imajo dva ločena sistema za nadzor nad spremembami; prvi se uporablja v fazi razvoja in preverjanja, drugi pa v fazi validacije in kasnejšega vzdrževanja. Za učinkovito obvladovanje kakovosti je smiselno, da vsaj delno združimo oba, saj je mnogo aktivnosti enakih.

Na kratko bomo opisali potek zapisovanja in opozorili na probleme, ki smo jih srečali pri implemen-

Aktivnost	Projekt 1	Projekt 2	Projekt 3
Pregled	10 %	10 %	2 %
Presoja	10 %	8 %	15 %
Inšpekcija	20 %	22 %	18 %
Testiranje	40 %	38 %	5 %
Validacija	5 %	2 %	10 %
Uporaba	15 %	20 %	50 %

Preglednica 1. Delež odkritih nepravilnosti po posameznih aktivnostih. Primerjava uspešnosti preverjalnih metod kaže, da je zaradi neučinkovitega testiranja narastel delež odkritih nepravilnosti v fazi uporabe.

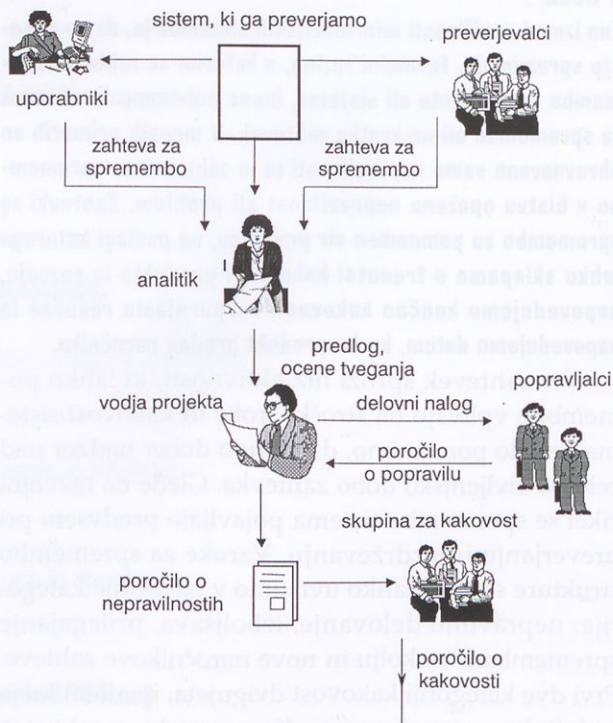
taciji lastnega sistema SVPV³. Mnogo praktičnih napačkov se nahaja v [KANER,1993]. Ker je standard IEEE 1044-1993 eden redkih, ki lahko pomaga organizacijam pri vzpostavitvi sistemov SVPV, se bomo v prispevku nanj pogosto sklicevali.

2 Povezava med preverjanjem, popraviljanjem in uporabo

V razvoju in kasnejšem vzdrževanju se sistem neprestano spreminja. Namen spremembe sistema lahko uvrstimo v naslednje kategorije: nepravilno delovanje, izboljšava, prilagajanje spremembam v okolju in nove naročnikove zahteve.

Preverjanje, popraviljanje in nadzor nad konfiguracijo so mnogokrat popolnoma ločene aktivnosti v življenjskem ciklusu, za katerega skrbi skupina za kakovost (slika 2). Med osebami, ki sodelujejo v teh aktivnostih, poteka izmenjava številnih informacij v obliki pisnih ali ustnih sporočil.

Glede na stopnjo računalniške podpore in organiziranosti preverjanja ter popraviljanja obstajajo naslednje stopnje beleženja zahtevkov:



Slika 2: Povezava med preverjanjem, popraviljanjem in uporabo

² Na internetu jih iščemo z naslednjimi imeni: Problem management system, Bug tracking system, Incident tracking system, Problem tracking system.

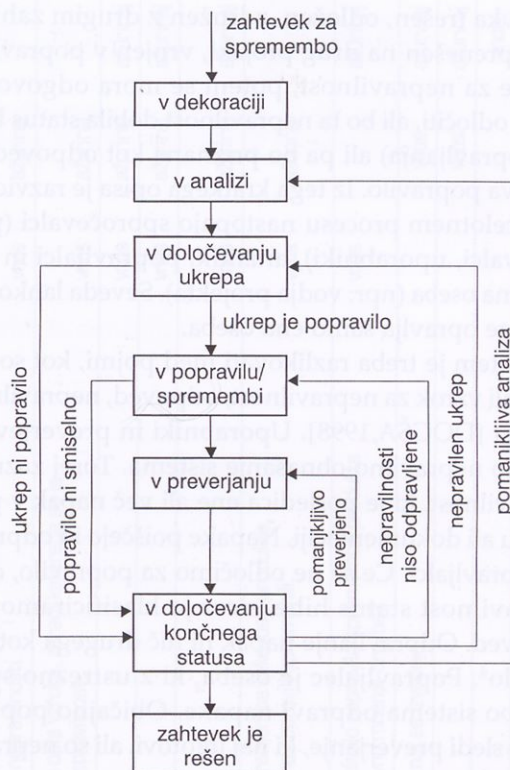
³ Podrobnejši opis sistema SVPV, ki temelji na IEEE 1044-1993, je na naslovu: <http://saturn.uni-mb.si/č cv>.

- Kaotični proces. Ni sistematičnega preverjanja. Avtorji sami preverjajo in sproti popravljajo. Če preverjanje izvaja posebna skupina, je komunikacija med preverjevalci in popraviljalci ustna. Ni nobenih formalnih zahtevkov in pisnih poročil o najdenih neustreznostih in o popravilu.
- Papirni proces. Skupina, ki preverja, zapisuje svoje ugotovitve na posebne formularje, ki jih pošiljajo popraviljalcem. Vodja ima delni pregled nad obema skupinama. Ne analizira se učinkovitost popraviljanja in preverjanja, saj analize zahtevajo dodatno delo. Uporabniki sporočajo opažene neustreznosti ustno, po telefonu ali elektronski pošti.
- Avtonomno računalniško podprti procesi. Preverjevalci uporabljajo posebna računalniško podprta orodja, ki omogočajo učinkovito preverjanje. Podobno velja za popraviljalce. Vsak ima svojo podatkovno bazo. Med bazami ni neposredne povezave. Uporabniki sporočajo opažene neustreznosti pisno ali po elektronski pošti. Tudi ti podatki se vnašajo v podatkovno bazo.
- Centraliziran računalniško podprt proces. Sistem SVPV ima centralni repozitorij, ki ga koristijo vsa orodja, ki jih uporabljamo v razvoju. Uporabniki neposredno vpisujejo opažene nepravilnosti. Vodja ima zelo dober nadzor nad potekom popraviljanja in preverjanja. Zasedovati je mogoče status vsake vpisane nepravilnosti. Izvajajo se razne analize, ki kažejo na kakovost preverjanja, popraviljanja in tudi samega produkta. Z rezultati analiz lahko prognoziramo trenutne trende in racionalneje razporejamo resurse. Slabost: velika odvisnost od centra.

Končni (idealni) cilj je računalniško integriran razvoj, ki povezuje vse procese v celoto. Slabost tega pristopa so veliki stroški. V primeru, da že uporabljamo določena razvojna orodja, jih zelo težko vključimo v nov sistem. Potreben je nakup novih orodij in dodatno usposabljanje. Ker gre za zelo radikalne spremembe, povezane z velikim tveganjem, lahko pričakujemo, da se bodo le redki takoj odločali za centraliziran proces.

3 Tipični potek procesiranja zahtevka

Ena izmed zelo pomembnih entitet v podatkovnem modelu sistema SVPV je zahtevek za spremembo. Nanaša se na točno določen objekt ali sistem oziroma na njegovo verzijo. Obstaja več postopkov procesiranja zahtevka. Večina ustreza modelu, ki ga prikazuje slika 3. Zahtevek za spremembo, ki je lahko obravna-



Slika 3: Popraviljanje oziroma spreminjanje sistema, prikazano z diagramom prehajanja stanj. Najpogostejša je popolnoma navpična pot.

van kot izboljšava, nepravilnost ali sprememba specifikacij, sproži naslednje štiri aktivnosti:

- sprejem in opis zahtevka za spremembo,
- analizo zahtevka,
- odločitev o ukrepih za odpravo zahtevka,
- odločitev o končnem statusu zahtevka.

Vse te aktivnosti so lahko eksplicitno ločene ali pa so združene in se navzven kažejo kot samo ena aktivnost. Začetna aktivnost je sprejem zahtevka. Oseba, ki zahteva spremembo, navede namen zahtevka (izboljšava, odprava nepravilnosti ali sprememba specifikacij), na kratko opiše problem in ga klasificira glede na izbrani taksonomijski sistem. Nato sledi analiza zahtevka, kjer analitik podrobneje preuči zahtevek in poda predlog o rešitvi ter poišče vzroke, ki so povzročili nastanek zahtevka. Odločiti se mora, ali gre morebiti za napačno uporabo ali se obravnavani zahtevek že obdeluje, kakšen vpliv ima zahtevek na kakovost sistema, oceniti mora razna tveganja (popraviti ali ne popraviti). O predlaganih ukrepih odloča pristojna oseba. Sledi izvajanje tega predloga (npr. popravilo) in nato odločitev o končnem statusu

zahtevka (rešen, odložen, združen z drugim zahtevkom, prenešen na drug projekt, vrnjen v popravilo). Če gre za nepravilnost, potem se mora odgovorna oseba odločiti, ali bo ta nepravilnost dobila status hibe (ni popraviljanja) ali pa bo priznana kot odpoved, ki zahteva popravilo. Iz tega kratkega opisa je razvidno, da v celotnem procesu nastopajo sporočevalci (preverjevalci, uporabniki), analitik, popraviljalci in odgovorna oseba (npr. vodja projekta). Seveda lahko vse te vloge opravlja samo ena oseba.

Pri tem je treba razlikovati med pojmi, kot so napaka ali vzrok za nepravilnost, odpoved, nepravilnost in hiba [DOGŠA,1998]. Uporabniki in preverjevalci opazijo nepravilno obnašanje sistema. Torej zaznajo nepravilnost, ki je posledica ene ali več napak v programu ali dokumentaciji. Napake poiščejo in odpravijo popraviljalci. Če se ne odločimo za popravilo, dobi nepravilnost status hibe, sicer jo klasificiramo kot odpoved. Odpravljanje napak ni nič drugega kot popravilo⁴. Popraviljalec je oseba, ki z ustrezno spremembo sistema odpravi napake. Običajno popraviljanju sledi preverjanje, ki naj ugotovi, ali so nepravilnosti odpravljene.

V vsakem izmed štirih korakov (sprejem, analiza, ukrepi in odločitve o končnem statusu) se izvajajo tri aktivnosti: opisovanje, klasificiranje in ocenjevanje vpliva na kakovost in ocena tveganja. Te aktivnosti se lahko v posameznih korakih ponavljajo oziroma dopolnjujejo; npr. ko nepravilnost odkrijemo, približno določimo domnevni vzrok. Kasneje, ko nepravilnost podrobneje analiziramo, lahko tudi natančneje določimo te vzroke. Ker vsako spreminjanje sistema zahteva tudi ustrezno zapisovanje sprememb, se ves postopek še bolj zaplete, če vzdržujemo več različnih verzij.

Ena izmed najpomembnejših aktivnosti je klasifikacija nepravilnosti in napak. Pri implementaciji sistema SVPV je smiselno, da se odločimo za ustrezen enoten klasifikacijski sistem. Takemu sistemu pravimo tudi taksonomijski sistem. Le če uporabimo enotno klasifikacijo, lahko izvajamo razne primerjave in analize o učinkovitosti testiranja, popraviljanja in kakovosti sistema (glej preglednico 2). Najbolj znani klasifikacijski sistemi so: ortogonalni klasifikacijski sistem⁵, ki ga je razvil IBM [CHILLAREGE,1992], Hewlett-Packardov

sistem [PFLEEEGER,1998] in sistem, ki ga definira standard IEEE 1044 [IEEEstd,1993]. Slednjega bomo v nadaljevanju na kratko opisali.

V mnogih primerih podatkovna aplikacija omogoča spreminjanje klasifikacijskega sistema. To pa ne velja za procesni vidik (slika 3), ki je v večini primerov vgrajen v sistem SVPV.

4 Standard IEEE 1044-1993

Standard IEEE 1044-1993 [IEEEstd, 1993] zelo dobro opisuje potek vodenja popraviljanja in vzdrževanja informacijskih sistemov. Kljub temu, da je poudarek na programski opremi, se lahko z majhno prilagoditvijo uporablja tudi za strojno opremo. Standard opisuje postopek, ki smo ga na kratko povzeli v prejšnjem poglavju. Vodenje popraviljanja in vzdrževanja sistemov je sestavljeno iz štirih zaporednih aktivnosti:

- zaznave nepravilnosti (RR Recognition),
- analize nepravilnosti (IV Investigation),
- ukrepov za odpravo nepravilnosti (AC Action),
- določitev končnega statusa nepravilnosti (DP Disposition).

Glavnina standarda opisuje razne klasifikacijske tabele (preglednica 2), ki so v nekaterih primerih zelo podrobne. Za opis vsakega zahtevka imamo na razpolago 21 atributov, obveznih jih je 11. Za vsako aktivnost je predvidena posebna neobvezna priloga (npr. ekranska slika). Vse priloge so opisane s 113 atributi. Če želimo uporabiti standard v polnem obsegu, je treba izpolniti približno⁶ 134 polj. Vrednosti atributov, s katerimi opisujemo zahtevke, črpamo iz klasifikacijskih tabel. Na ta način je možna primerjava med podatki, ki jih dobimo pri različnih projektih in uporabnikih. Z velikostjo klasifikacijske tabele se večja natančnost opisa in hkrati manjša preglednost ter večja napor, ki ga je treba vložiti v opis zahtevka. Najobširnejša je tabela, s katero opisujemo napako. Zaradi preglednosti je sestavljena iz dveh nivojev. Klasifikacijske tabele, ki so označene poudarjeno (domnevna domena vzroka, opis simptoma, dejanska domena vzroka, opis vzroka), so odvisne od vrste sistema. Če gre za strojno ali kombinirano opremo, jih je treba ustrezno spremeniti.

V zadnjih štirih kolonah v preglednici 2 je opisano, kdaj naj določen podatek vpišemo oziroma ažuriramo.

⁴ Pogosto se po nepotrebnem uporablja izraz razhroščevanje (angl. debugging).

⁵ ODC Orthogonal Defect Classification.

⁶ Všteti niso atributi, ki se nanašajo na procesiranje zahtevka.

Kategorije (atribut)	Obvezen	Velikost tabele (število atributov)	Minim. velikost tabele	Prevod	Komentar	Sprejem	Analiza	Sprejeti ukrep	Končni status
Project activity	da	9	9	Preverjevalna aktivnost	Aktivnost, s katero je bila odkrita nepravilnost.	vnos			
Project phase	da	24	6	Faza v projektu	Faza, v kateri se produkt z nepravilnostjo trenutno nahaja.	vnos			
Suspected cause	ne	26	0	Domnevna domena vzroka	Približna domnevna lokacija vzroka (program, strojna oprema)	vnos	ažuriraj		
Repeatability	ne	5	0	Pogostost	Pogostost pojavljanja nepravilnosti.	vnos	ažuriraj		
Symptom	da	18	9	Opis simptoma		vnos	ažuriraj		
Product status	ne	4	0	Uporabnost produkta	Uporabljivost produkta, če ga ne spreminjamo.	vnos	ažuriraj		
Severity	da	5	5	Resnost nepravilnosti	Resnost z v vidika strokovnjaka.	vnos	ažuriraj		
Priority	ne	5	0	Prioriteta popravila		vnos	ažuriraj	ažuriraj	ažuriraj
Customer value	ne	6		Vpliv na zadovoljstvo uporabnika	Kako vpliva odkrita nepravilnost na zadovoljstvo uporabnika?	vnos			
Mission/Safety	ne	5	0	Vpliv na uspešnost projekta		vnos	ažuriraj	ažuriraj	ažuriraj
Actual cause	da	26	6	Dejanska domena vzroka	Približna lokacija vzroka (program, strojna oprema)		vnos	ažuriraj	
Source	da	28	7	Poreklo vzroka (napake)	Vmesni produkt v razvoju (specifikacije, koda), v katerem se nahaja napaka, ki je vzrok za nastanek nepravilnosti.		vnos	ažuriraj	
Type	da	80	9	Opis vzroka (napake)	Podroben opis vzroka, zaradi katerega se je pojavila nepravilnost.		vnos	ažuriraj	
Project schedule	da	4	4	Vpliv na termine projekta			vnos	ažuriraj	ažuriraj
Project costs	da	4	4	Vpliv na stroške projekta			vnos	ažuriraj	ažuriraj
Project risk	ne	4	0	Tveganje v primeru popravila /spremembe produkta			vnos	ažuriraj	ažuriraj
Project quality/reliability	ne	4	0	Vpliv na kakovost/zanesljivost projekta	Ocena spremembe kakovosti produkta, če ga bomo popravili/spremenili.		vnos	ažuriraj	
Societal	ne	4	0	Vpliv na mnenje širše družbe	Kako bi vplivalo popravilo/sprememba produkta na negativno mnenje družbe?		vnos		ažuriraj
Resolution	da	21	4	Ukrep	Ukrepi, ki naj se izvedejo.			vnos	ažuriraj
Corrective action	da	23	0	Bodoča preventiva				vnos	ažuriraj
Disposition	da	9	9	Končni status				vnos	ažuriraj

Preglednica 2: Najpomembnejše klasifikacijske tabele (standard IEEE 1044-1993)

5 Sklep

Najosnovnejši cilj sistema SVPV je nadzor nad odpravljanjem nepravilnosti. Pravilno izbran klasifikacijski sistem omogoča analize, s katerimi lahko ugotovljamo uspešnost oziroma slabosti razvoja. Ker zahteva uporaba sistema SVPV dodaten napor sodelujočih, je zelo pomembno, da je le-ta kakovosten v smislu implementacije in vsebine. Le na videz je sistem SVPV zelo preprosta podatkovna aplikacija, ki jo lahko napravimo v accessu v nekaj dneh. Vzdrževanje sistema SVPV obsega popravljanje in širjenje klasifikacijskih tabel ter spreminjanje postopka procesiranja zahtevka (sliko 3). Za slednjega velja, da je izvedljiv samo, če imamo dostop do izvorne kode. To je ena izmed največjih slabosti kupljenih sistemov SVPV. Za konec bomo na kratko opisali najpomembnejše lastnosti, ki jih mora imeti sistem SVPV.

Ponovljivost je lastnost zahtevka, ki omogoča popolno rekonstrukcijo vzroka, zaradi katerega je bil podan zahtevek. Za zgled pogledjmo zahtevek, ki obravnava opažene nepravilnosti v delovanju modula. Če je na podlagi informacij, ki so v zahtevku, vedno mogoče povzročiti opisano nepravilno delovanje modula, pravimo, da smo zadostili kriteriju ponovljivosti. Če zahtevek ni ponovljiv, je v splošnem zelo težko odpraviti njegove vzroke. To še posebej velja, kadar ni materialnih dokazov za nepravilno delovanje. Isto velja za ponovljivost klasificiranja. Neka druga oseba mora isti zahtevek klasificirati popolnoma enako.

Uporabnost sistema je merilo napora, ki ga moramo vložiti v to, da lahko sistem učinkovito uporabljamo. Problemi se pojavljajo predvsem pri raznih klasifikacijah. Podrobnejše kot so klasifikacijske tabele, težja je klasifikacija. S pregrado granulacijo lahko izgubimo informacije, ki jih potrebujemo pri analizi uspešnosti razvojnega procesa. Problematični so predvsem pokrelo, domena in opis vzroka. Če želimo zagotoviti ponovljivost klasifikacije, je pri slabo zastavljenem klasifikacijskem sistemu potreben velik napor. V praksi se zato pogosto dogaja, da je klasifikacija izvedena površno. V večini primerov so sistemi SVPV tako zahtevni, da je potrebno posebno izobraževanje. Zelo pomem-

ben je procesni vidik podatkovne aplikacije, katerega je kasneje težko spreminjati.

Ker so zahtevki povezani s stroški, ki nastanejo z odpravljanjem vzrokov, nas zanima, kdo pošilja zahteve. *Avtentičnost* je lastnost, na podlagi katere lahko identificiramo pošiljatelja. V veliki večini primerov firme ne želijo javno objavljati ugotovljene nepravilnosti, saj bi lahko konkurenti te podatke izkoristili. Ker je pri preverjanju in popravljanju potrebna *diskretnost*, morajo biti podatki zaščiteni pred nepooblaščenim branjem oziroma spreminjanjem.

Ker je preverjanje povezano z velikimi stroški, se noben zahtevek ne sme izgubiti. Izgubljen zahtevek pomeni ponovitev preverjanja. To lastnost bomo pomenovali *vestnost*. Lahko se zgodi, da so nekateri zahtevki na prvi pogled nesmiselni oziroma nepomembni. Ignoriranje zahtevka je resna odločitev, za katero se lahko odloči lahko le odgovorna oseba. Običajno je vodja projekta oseba, ki nadzoruje reševanje zahtevkov in tudi nosi *odgovornost* za potek popravljanja.

Sistem za vodenje popravljanja in vzdrževanja sistemov bo *učinkovit*, če bomo z njim zmanjšali stroške vzdrževanja.

6 Literatura

- [CARD,1998] David N. Card:
"Learning from our Mistakes with Defect Causal Analysis",
IEEE Software, januar/februar, 1998, str. 56–63.
- [CHILLAREGE,1992] Ram Chillarege in drugi:
"Orthogonal defect classification—A concept for in-process
measurement", IEEE Transaction on Software Engineering,
VOL 18, številka 11, 1992, str. 943–956.
- [DOGŠA,1998] Tomaž Dogša:
"Gostota napak in odpovedi – problematično merilo
kakovosti", Uporabna informatika, šte. 2, letnik VI, 1998,
str. 20–25.
- [IEEEstd,1993] "IEEE Std 1044-1993:
IEEE Standard Classification for Software Anomalies", The
Institute of Electrical and Electronics Engineering, Inc., 1993.
- [KANER,1993] Cem Kaner, Jack Falk, Hung Quoc Nguyen: "Testing
Computer Software", Van Nostrand Reinhold, 1993.
- [PFLEEGER,1998] S. L. Pfleeger:
"Software Engineering, Theory and Practice", Prentice Hall, Inc.

Dr. Tomaž Dogša je izredni profesor na Fakulteti za elektrotehniko, računalništvo in informatiko v Mariboru, kjer predava na dodiplomski in dodiplomski stopnji in vodi Center za verifikacijo in validacijo sistemov. Na raziskovalnem področju se ukvarja predvsem z V&V tehnologijo oziroma testirnimi orodji.