

**Dr Petar Stanojević,**  
major, dipl. inž.  
**Vladimir Bukvić,**  
major, dipl. inž.  
**Dr Vasilije Mišković,**  
pukovnik, dipl. inž.  
Vojnotehnička akademija VJ,  
Beograd

## IZBOR I ANALIZA FAKTORA KOJI UTIČU NA SISTEM ODRŽAVANJA

UDC: 62-7.001.57

### Rezime:

*Određivanje uticaja promene relevantnih ulaznih faktora na izlazne rezultate funkcionisanja sistema održavanja (SOD), odnosno na pokazatelje uspešnosti razmatranog sistema ima teorijski i praktični značaj. Uticaj faktora na SOD razmatra se preko uspostavljanja i analize zavisnosti sa određenim pokazateljima uspešnosti funkcionisanja SOD. Rezultati istraživanja omogućavaju određivanje oblika i parametara zavisnosti pokazatelja uspešnosti funkcionisanja od razmatranih faktora. Takođe, istraživanje omogućava sagledavanje oblika promene pokazatelja uspešnosti funkcionisanja u širokom rasponu ulaznih veličina tih faktora kako bi se mogle utvrditi određene tendencije. Jedan od rezultata istraživanja jeste i određivanje vrednosti karakterističnih veličina ili njihovih raspona, što bi moglo poslužiti kao osnova za ubrzanje i olakšavanje procesa odlučivanja.*

*Ključne reči: sistem održavanja, relevantni faktori, modelovanje, simulacija.*

---

## SELECTION AND ANALYSIS OF THE MULTILEVEL MAINTENANCE SYSTEMS INFLUENCE FACTORS

### Summary:

*There are number factors of influence on performance of the maintenance systems. In this paper they are identified and strength, way and its form on the performance parameters measure its influence in two real multilevel maintenance systems. Influence factors determination and investigation of its strength, way and form can have application in function of cost/benefit analysis for all kinds of investment are the investigation goal. The results could eliminate some costly investigation or reduce it in time by indication the best ways of improving performance of analyzed systems. It could also indicate, by form, the „moment“ when any further investment is no longer worth the trouble (payable). Schedule of improvement steps can also be made.*

*Key words: maintenance system, influence factors, modeling, simulation.*

---

### Uvod

Svi sistemi održavanja (SOD) se, u načelu, mogu podeliti na dve grupe: SOD za podršku osnovne delatnosti poslovnih i drugih sistema i „servise“ za održavanje.

Kod poslovnih i drugih sistema, gde su troškovi ili opasnost od nerada tehnike daleko veći od troškova održavanja, for-

miraju se sistemi održavanja prve grupe. Osnovni cilj ovakvih SOD sastoji se u tome da se postigne što veći nivo raspoloživosti – gotovosti tehničkih sredstava (TS) koja se koriste pri obavljanju osnovne delatnosti (što kraće vreme u zastoju), uz što manje troškove. Time se postiže smanjenje [1]: gubitaka resursa, verovatnoće nekvalitetnog obavljanja po-

sla, konfuzije i zakašnjenja u planovima rada, pada motivacije zaposlenih i mogućnosti nastanka značajnih društvenih šteta (materijalnih i ekoloških). Uprave nekih ovakvih sistema smatraju da ukoliko njihovi radnici u održavanju manje rade to je održavanje bolje, jer je tehnika ispravnija, radi, donosi dohodak i ne dovodi do drugih rizika.

Sistemi druge grupe orijentisani su na slobodno tržište karakterističnih usluga održavanja i rade na dohodovnom principu kao i drugi poslovni sistemi. Imaju za cilj da povećaju sopstveni dohodak povećanjem broja (više radova održavanja, što uključuje i veću – širu ponudu mogućih akcija održavanja) i vrednosti usluga koje pružaju (ne samo kroz jednostavno podizanje cene već i kroz proširivanje obima i sadržaja mogućih akcija održavanja), uz smanjenje troškova. U ovakve sisteme spadaju i mreže servisa koje otvaraju veliki proizvođači raznorodnih tehničkih sredstava. Servisi za održavanje su, u ovom slučaju, namenjeni obezbeđivanju tzv. „postprodajnih“ usluga. Danas se strategija ovakvih organizacija zasniva na pravilu [2] „stranka na prvom mestu“, a tzv. „glavni empirijski obrazac“ glasi: „prvi proizvod prodaje prodavac, a sve naredne dobra usluga servisne službe“. Najvažniji ciljevi se određuju, prema ciljevima proizvođača, putem jednačine „zadovoljenje stranke = veće tržišno učešće = bolji rezultati poslovanja“. Servisi su u tom slučaju instrumenti za zadovoljenje i obavezivanje stranaka, a utiču na poboljšanje spoljašnjeg i internog ugleda proizvođača.

U stvarnosti, nisu retki sistemi koji predstavljaju kombinaciju prethodnih, s tim što je pripadnost jednoj od navedene dve grupe uvek više izražena.

I jedni i drugi sistemi održavanja imaju za cilj da pruže kvalitetne usluge korisnicima TS. Može se zaključiti da se kvalitet usluga održavanja, u odnosu na korisnika tehničkih sredstava, prvenstveno, sastoji u obezbeđenju i povećanju upotrebnog kvaliteta TS i njegovog elementa sigurnosti funkcionisanja (što uključuje raspoloživost, pouzdanost, pogodnost održavanja i logističku podršku SOd).

Razlike među navedenim sistemima održavanja su u domenu finansijske i upravne samostalnosti u odnosu na viši – širi sistem ili okruženje. Servisi su samostaljniji u upravnom i finansijskom smislu.

Svoje funkcionisanje većina SOd ostvaruje kroz pojedinačni i maloserijski tip proizvodnje. Sistemi održavanja, posebno oni kod velikih preduzeća, u vojsci, itd. su prema nadležnostima hijerarhijski ustrojeni s jedne strane, a sa druge su, načelno, prostorno razučeni, gde je svaka organizaciono-tehnološka celina (jedinica-podcelina sistema) zaokružena i za date uslove univerzalna. Sistemi se strukturiraju kao višenivojski da bi se rešili problemi: skraćivanje vremena zadržavanja TS na opravci, rasporeda elemenata SOd i TS u prostoru, boljeg iskorišćenja skupe i retke opreme (kao i r/d, kadra i prostora), rasterećenja viših nivoa upravljanja od tekućih i jednostavnijih poslova i omogućavanja upravnoj strukturi da putem raspodele kapaciteta izrazi prioritete u održavanju u skladu sa ciljevima osnovnog sistema. Svi elementi<sup>1</sup> SOd raspoređuju se po nivoima, po pravilu tako da podrže tehnološki proces održavanja istog nivoa i funkcionisanje nižih nivoa.

Organizacione strukture SOd obično su složene, jer je protok informacija

<sup>1</sup> Pod elementima SOd podrazumevaju se: kadar, oprema, prostor, rezervni delovi, dokumentacija, softver, itd.

veoma kompleksan prema broju učesnika i po nivoima. Efikasnost ovakvih struktura može obezbediti samo dobro koncipiran i organizovan informacijski sistem, odgovarajući tip strukture i raspodela nadležnosti. Logistički sistemi, u koje spada i SOD, pripadaju klasi sistema kod kojih je ključni faktor uspeha ubrzanje informacionih tokova i procesa donošenja odluke<sup>2</sup> [3]. Po svojim karakteristikama SOD predstavljaju, posebno oni druge grupe, prave poslovne sisteme.

Uvek postoje više ili manje uspešni SOD. Pošto je uspešnost dinamička kategorija, mora se razmatrati za sadašnji trenutak, ali i predviđati za budućnost u odnosu na konkurenciju, moguće promene u sistemu i okruženju, i trendove razvoja. S tim u vezi i problematika usavršavanja i poboljšanja uspešnosti SOD stalno je aktuelna. U [2] se navode npr. sledeći, permanentni ciljevi SOD: neprestano osmatranje tržišne situacije, *empirijsko predviđanje daljeg razvoja mnogobrojnih relevantnih faktora*, osmatranje tendencija privrednog napretka, razvoja dohotka, ponašanja potrošača (korisnika), konkurencija, itd.

Kao i na druge sisteme i na uspešnost SOD utiču izvesni faktori. Predmet ovog rada je upravo identifikacija i razmatranje uticaja pojedinih faktora na sistem održavanja, radi određivanja karakteristika budućih pravaca razvoja na osnovu njihove kvantifikacije. Razmatrani faktori determinisani su, prvenstveno, danas aktuelnim pravcima razvoja SOD, ali i realnim mogućnostima njihove kvantifikacije.

<sup>2</sup> Razlikuju se, načelno, tehnička i procesna brzina generisanja, prenosa, obrade informacija i donošenja odluke. Tehnička brzina zavisi od tehnologije koja se u ovim procesima koristi i kvalifikacije kadra. Procesna brzina zavisi od karaktera organizacione strukture, što uključuje i raspodelu nadležnosti i odgovornosti, ali i kompetenciju donosioca odluka. Danas se smatra da pošto tehnologija omogućava zavidan nivo povećanja brzine odvijanja ovih procesa težište treba preneti na ubrzanje procesne brzine [3].

Cilj istraživanja sastoji se u određivanju relevantnih faktora i kvantifikaciji njihovog uticaja na sistem održavanja i njihovom rangiranju u odnosu na značaj efekata koje daju, redosled potrebnih akcija razvoja i/ili uzročno-posledičnu vezu pri primeni u sistemu.

Uticaj faktora na SOD razmatraće se preko uspostavljanja i analize zavisnosti sa određenim pokazateljima uspešnosti funkcionisanja SOD. Istraživanje treba da omogući određivanje oblika i parametara zavisnosti pokazatelja uspešnosti funkcionisanja od razmatranih faktora. Takođe, istraživanje treba da omogući sagledavanje oblika promene pokazatelja uspešnosti funkcionisanja u širokom rasponu ulaznih veličina tih faktora, kako bi se mogle utvrditi određene tendencije. Jedan od rezultata istraživanja jeste i određivanje vrednosti karakterističnih veličina ili njihovih raspona, što bi moglo poslužiti, kao osnova, za ubrzanje i olakšavanje procesa odlučivanja.

Određivanje uticaja promene relevantnih ulaznih veličina na izlazne rezultate funkcionisanja, odnosno na pokazatelje uspešnosti razmatranog sistema, ima teorijski i praktični značaj. Teorijski značaj ogleda se u kvantifikaciji uticaja pojedinih promenljivih faktora, utvrđivanju njihove značajnosti, pravca delovanja i utvrđivanju oblika i karakteristika međuzavisnosti sa pokazateljima uspešnosti. Praktični značaj ima utvrđivanje spektra osetljivosti izlaznih rezultata na promenu ulaza, jer utvrđivanje činjenice da mala promena ulaza izaziva „burnu“ reakciju izlaza povlači za sobom potrebu utvrđivanja tačnih (stvarnih) vrednosti ulaza i povećava značaj i hitnost sprovođenja adekvatnih mera i postupaka istraživanja i razvoja. Time bi se rukovodiocima, projektantima i istraživačima SOD olak-

šao posao oko: spoznaje kvantitativnih pokazatelja na osnovu kojih će se odabrati koja je varijanta, odnosno pravac usavršavanja – razvoja najbolja i izbora redosleda koraka usavršavanja sistema ili istraživanja, gledano prema specifičnom sistemu kriterijuma. To bi u rezultatu imalo za posledicu smanjenje troškova istraživanja, ubrzanje donošenja i poboljšanje kvaliteta razvojnih odluka i smanjenje rizika od donošenja pogrešnih odluka.

### Usavršavanje – razvoj SOd

Nepreduzimanje koraka ka usavršavanju – razvoju SOd nužno bi izazvalo potencijalne rizike da se donesu pogrešne odluke. Neusavršavanje sistema vodi njihovoj sigurnoj stagnaciji i propasti, kao i pogrešne razvojne odluke. Razvoju – usavršavanju SOd može se pristupiti na dva načina, koji se razlikuju prema obuhvatu, vremenu realizacije, rizicima koje sobom nose i efektima koje njihova primena omogućava.

Prvi pristup zasniva se na usavršavanju delova, elemenata i procesa u sistemu. Ovakvi pristupi opisani su npr. u literaturi [5, 6]. Cilj se sastoji u rešavanju obično lako uočljivih problema koji „muče“ konkretne rukovodioce. Relativno brzo se realizuju, a efekti su, u odnosu na sistem, obično mali, odnosno u srazmeri sa obuhvatom problema. Rizici grešaka pri ovakvom pristupu su mali, a napredak sistema se odvija „korak po korak“. Po pravcu primene to je pristup odozdo nagore, pri čemu je neophodno uzimanje u obzir svih relevantnih faktora i karakteristika razmatranih procesa, a podstiče se i kreativnost pri stvaranju – projektovanju procesa proizvoda kod ljudi koji učestvuju u usavršavanju SOd. Ovakav pristup adekvatan je za SOd koji

se nalaze na višem nivou unutrašnje organizovanosti i tehničko-tehnološkog nivoa – „vodeće SOd“. Međutim, i „lošiji“ sistemi ga mogu primeniti, jer je bolji bilo kakav nego nikakav razvoj.

Druga grupa pristupa zasniva se na reprojektovanju sistema kao celine. Takvi pristupi su opisani u literaturi [7, 8, 9], a njihov cilj se sastoji u usavršavanju – razvoju sistema kao celine. Za svoju realizaciju traže vreme, a efekti njihove primene su veliki, jer se zasnivaju na iskorišćenju sinergetskog efekta. Napredak sistema uz ovakav pristup odvija se „skokovito“, a rizici grešaka mogu biti veći. U suštini su to pristupi odozgo nadole (ali i kombinovano), koji nude veću širinu zahvata sagledavanja problema, međusobnih veza i međuzavisnosti među procesima.

Zbog dugog vremena realizacije, smanjenja verovatnoće pojave grešaka i potrebe za otklanjanjem „očitih“ problema, dok se ne dođe do krajnjeg povoljnog rešenja, drugi pristup može se kombinovati sa prvim, naravno imajući u vidu krajnji cilj, da ne bi došlo do stvaranja „disonantnih rešenja“. Rešenja ostvarena prvim pristupom zatim se inkorporiraju u „dugoročna i sveobuhvatna“ rešenja. Ovakav pristup, posebno uz kombinaciju sa prvim, pogodan je za sisteme koji su u „krizi“, odnosno koji se na razvojnoj lestvici nalaze ispod ili mnogo ispod „najboljih“ SOd, i kojima je razvoj – usavršavanje neophodan preduslov opstanka.

Osnova za oba ova pristupa mora biti situacioni pristup (Case study approach), jer se moraju uvažiti specifičnosti svakog realnog SOd-a.

Problem koji treba da reše inicijatori razvojnih promena u SOd je dvojak. Jedan se sastoji u tome da se izabere postupak usavršavanja – razvoja, a drugi

je iznalaženje načina da se dođe do kvantitativnih pokazatelja<sup>3</sup> na osnovu kojih će se odabrati koja je varijanta – pravac usavršavanja (razvoja) najbolja, gledano prema specifičnom sistemu kriterijuma, bez eksperimenata na samom sistemu i bez većih troškova istraživanja.

Rešenje prvog problema treba prilagoditi specifičnim uslovima u kojima se konkretni SOd nalazi i njegovim konkretnim istraživačko-razvojnim mogućnostima. U slučaju drugog problema, bez obzira za koji se pristup razvoju opredeli, korisno je znati kakvi su rezultati primene za pojedine varijante – pravce usavršavanja ostvareni kod drugih SOd, jer se po analogiji mogu pretpostaviti efekti i na sopstvenom sistemu. Bez obzira na specifičnosti pojedinih SOd ovi podaci mogu u svakom slučaju poslužiti kao dobar orijentir<sup>4</sup> jer ukazuje na to šta treba raditi, odnosno koje varijante treba naglasiti. Činjenica je da moguće pravce razvoja određuje uspešnost primene pojedinih rešenja upravo kod tzv. relevantnih SOd, odnosno onih koji postižu najbolje izlazne rezultate funkcionisanja ili vodećih sistema, ali i onih kod kojih su, preduzimajući određene aktivnosti razvoja, dostigli vodeće sisteme ili postigli neke veoma dobre rezultate funkcionisanja.

U literaturi ima mnogo prikaza primene pojedinih rešenja i njihovih efekata (Case Studies). Postoje, međutim, i otežavajuće okolnosti koje usložavaju ili onemogućavaju primenu iznetih iskustava. Nivo primene razvojnih rešenja

<sup>3</sup> U današnjoj praksi gotovo je nemoguće dokazati bilo šta najvišem rukovodstvu ako to nije zasnovano na brojčanim pokazateljima. To važi i u slučajevima kada, među rukovodiocima, nema dvoumljenja oko shvatanja potrebe za preduzimanjem razvojnih koraka.

<sup>4</sup> Voda, sem u specifičnim laboratorijskim uslovima, nikada ne kipi na tačno 100°C. I pored toga ovaj podatak je vrlo koristan za donošenje odluka i pojedine proračune [10].

veoma se razlikuje od primene na nivou delova TS, preko primene za pojedina TS do primene u pojedinim radionicama. Malo je prikaza primena razvojnih rešenja i odgovarajućih pokazatelja uspešnosti ostvarenih u SOd koji su višenivojski organizovani, prostorno razdueni, složeni po strukturi, broju i tehnološkim rešenjima TS koja se u njima održavaju, i u kojima se ostvaruju brojni i složeni materijalni i informacioni tokovi, a takvi su SOd tzv. „velikih“ sistema. Naredni problem je u tome što se za ilustraciju ostvarenih efekata koristi veoma široka lepeza pokazatelja, od kojih su neki karakteristični samo za posmatrani slučaj. Retko ili gotovo nikada se dobijeni efekti ne prikazuju u obliku zavisnosti od nekih ulaznih veličina, što vrednost rezultata svodi u granice pojedinačnog, na osnovu čega je teško vršiti potrebne generalizacije.

### Relevantni pokazatelji uspešnosti

Svi autori se slažu da ne postoji jedna i osnovna mera za uspešnost logističkih sistema u koje spadaju i SOd. Moguće je, međutim, odrediti opšti skup mera uspešnosti SOd.

Prema podacima koncerna Wolkswagen [2] najvažnija očekivanja stranaka, po rezultatima ispitivanja mnjenja vlasnika motornih vozila, jesu: pouzdani servis, uočljiva i ljubazna usluga, stručno savetovanje i stručna preporuka, cene u skladu sa radnim učinkom, opsežna servisna ponuda i servisne usluge na kvalitativno visokom nivou i ljubaznost. Specijalno za servisnu službu najvažnija očekivanja stranaka su: tačna i brza usluga, garancija za sigurnost i kvalitet, obavezujući termini opravke, kratkotrajne opravke, lično uručivanje vozila sa preciznim

tumačenjem računa, cenovnik opravke (cena ne sme biti tajna) i povoljno radno vreme.

Ako se SOd posmatra kao logistički podsistem onda uspešnost ovakvih sistema treba odrediti skupom kriterijuma od kojih su osnovni [4]: kvalitet usluge (pouzdanost kvaliteta usluge i efikasnost njenog izvršenja), raspoloživost proizvoda – usluge koji su potrebni korisniku – kupcu, odgovornost prema zahtevima korisnika – kupca (brzo i efektivno procesiranje zahteva), brzina i pouzdanost kojom se usluga izvršava.

Pouzdanost kvaliteta usluge može se meriti pouzdanošću tehničkih sistema koji se održavaju,<sup>5</sup> a efikasnost i brzina njenog izvršenja može se meriti pokazateljima pogodnosti za održavanje (posebno kroz skraćanje vremena aktivnog održavanja). „Raspoloživost proizvoda – usluge“ u ovom slučaju odnosi se na mogućnost (verovatnoću) korisnika da ostvari traženu radnju – akciju održavanja u SOd-u, bez posebnih zastoja. Sistem održavanja će, u prethodnom slučaju, biti uspešniji što ima više raspoloživih resursa i kapaciteta (odnosno elemenata sistema održavanja), odnosno mogućnosti (veća verovatnoća) da „pozitivno“ odgovori na zahteve. Poboljšanja se ovde mogu postići i korišćenjem moderne tehnologije (za izvršenje postupaka održavanja i informacione) i permanentnom obukom kadra za održavanje. Što više resursa i kapaciteta, međutim, znači i veće troškove, ali ima za posledicu smanjenje trajanja zastoja zbog održavanja. Odgovornost prema zahtevima korisnika – kupca i brzina kojom se usluga izvršava postiže se, prvenstveno, smanjivanjem veličine administrativnih i logističkih kompone-

nata vremena zastoja zbog održavanja, što pozitivno utiče na raspoloživost. Pouzdanost kojom se usluga izvršava u nekom vremenskom periodu može se meriti odnosom broja zahtevanih i realizovanih akcija održavanja. Dohodak se kod SOd obično obračunava u odnosu na broj ostvarenih norma-časova rada na održavanju, a on je veći što je veći broj realizovanih akcija održavanja u posmatranom periodu.

Naravno, ne treba zanemariti da je izvestan broj pokazatelja uspešnosti teško merljiv ili da nema potrebe da se meri, jer zavisi od „poslovne politike“ karakterističnog SOd (npr. lično uručivanje vozila sa preciznim tumačenjem računa, postojanje cenovnika, povoljno radno vreme, ljubazna usluga, stručno savetovanje i stručna preporuka, cene u skladu sa radnim učinkom, širenje servisne ponude, itd.). Jedan od načina merenja ovakvih pokazatelja je kroz instrumentarijum tzv. sistema „obećanja kvaliteta“, „merenja dilerskog imidža“, „programa za proveru i testove za radionice“, „spoljnih testova“, „obrade reklamacija stranaka“, „telefonskim izveštajima“, itd. [2]. Na osnovu prikupljenih podataka – odgovora od korisnika i drugih, prema specijalizovanim upitnicima, a nakon statističke analize dolazi se do pokazatelja koji se prvenstveno grupišu na pozitivne i negativne, i čije se veličine uglavnom izražavaju u vidu verbalnih iskaza (npr. „visok stepen ljubaznosti osoblja“), ali i preko kvantitativnih ocena. Ovakvi pokazatelji uspešnosti suviše su karakteristični da bi se mogli izučavati na opštem nivou, ali se njihov značaj u slučaju konkretnih SOd ne može ničim osporiti.

Bez obzira na sve, sistem kriterijuma uspešnosti mora se formirati kao specifičan, s tim da danas najbolje rezultate

<sup>5</sup> Ovo znači barem zadržavanje prethodnog nivoa pouzdanosti i smanjenje broja reklamacija, jer su one, po suštini, takode, otkazi.

daju sistemi izgrađeni kao kombinacija na osnovama specifičnog sistema kriterijuma i na osnovu pokazatelja sa kojima se može izvršiti poređenje sa najboljim sistemima bez obzira na to kojoj oblasti pripadaju [4]. Prednosti primene ovog metoda (u suštini, metod Benchmarking) jesu u tome da se može [4]: izvršiti poređenje sa konkurencijom, poboljšati zadovoljstvo (ispuniti zahtevi) korisnika – kupaca usluge, steći i održati reputacija na tržištu (okruženju), povećati profit, smanjiti troškovi, dostići vodeći status u oblasti i osigurati se od konkurencije, izvršiti identifikacija problemskih tačaka, preciznije definisati skup ciljeva sistema u budućnosti, omogućiti konstantan napredak, poboljšati motivacija zaposlenih i druge komparativne prednosti.

Efekti relevantnih faktora treba, dakle, da budu određeni na osnovu unapred zadatog sistema kriterijuma koji maksimalno moguće određuju opšti model ocenjivanja, da bi se postigla veća opštost i šira primenljivost dobijenih rezultata. Na taj način postiže se i invarijantnost dobijenih rezultata, što ukazuje na to da SOD i jedne i druge grupe, i pored razlika, mogu koristiti, u osnovi, iste *opšte pokazatelje uspešnosti funkcionisanja* – ostvarenja postavljenog cilja, a to su:

- raspoloživost – gotovost,
- pokazatelji realizacije akcija održavanja (uključujući i realizaciju izraženu u norma-časovima),
- troškovi.

Gotovost – raspoloživost se u teoriji (inženjerstvu) održavanja uvek uzima za vršni kriterijum uspešnosti nekog SOD. Može poslužiti kao pokazatelj efektivnosti za SOD, uopšte. Izrazi za izračunavanje su poznati u teoriji. Kod vojnih sistema, gde postoje gubici TS, bilo povratni ili nepovratni, i gde je cilj SOD-a još i spasavanje TS izvlačenjem i evakuacijom,

raspoloživost se, uslovno, može odrediti kao odnos srednje vrednosti broja ispravnih sredstava prema ukupnom broju sredstava u nekom periodu, ili preko ukupnog broja ispravnih TS (ili u odnosu ukupnog broja ispravnih prema ukupnom broju) u nekom, presečnom, trenutku vremena ili za sve vreme trajanja akcije. Obično se može prikazati kao funkcija vremena. Izračunava se za celinu SOD, za sve posmatrane podsisteme, za sva TS i prema posmatranim grupama TS.

Procenat tehnoloških zahteva (izvršenih radova) koje može realizovati sistem održavanja po kategorijama TS, po nivoima, po vrstama radova – postupaka održavanja i ukupno, u nekom periodu, može biti uzet kao mera pokazatelja realizacije akcija održavanja. Kriterijum je izabran da indirektno ukaže na odnos pokazatelja kriterijuma efikasnosti,<sup>6</sup> elastičnosti i jednostavnosti. Izračunava se za celinu SOD i za sve posmatrane podsisteme. Iskazuje se kao procentualni odnos realizovanog prema ukupnom broju zahtevanih radova održavanja određene klase.

Troškovi se najefektnije, ali i najteže mogu prikazati u novčanom iznosu, jer zbog promene vrednosti novca (inflatorna kretanja), kao i problema metodologije vođenja i iskazivanja pojedinih troškova (to je problem koji uzrokuje postojeća zakonska i druga regulativa). Zbog toga je najbolje da se troškovi iskazuju u vidu veličine nekih potrebnih resursa (npr. brojem radnih mesta, brojem mašina, itd.), jer se smatra da su nepromenljivi troškovi (najveći deo troškova) proporcionalni veličini angažovanih resursa. Kod vojnih sistema troškovi održavanja mogu se iskazati i preko mogućih gubitaka TS. Gubici TS zbog nepravovreme-

<sup>6</sup> Najkraća definicija efektivnosti i efikasnosti sastoji se u pitanju: „Da li se radi prava stvar na pravi način“.

nog izvršenja radnji održavanja u ratu se određuju kao broj sredstava koja su zbog toga zarobljena u toku izvršenja borbenih dejstava. To je broj sredstava koja su na taj način izgubljena. Na taj način određuju se mogući troškovi do kojih može doći zbog neopsluženih tehnoloških zahteva. Izračunava se za celinu SOd i za sve posmatrane podsisteme i to ukupno za sva TS i prema posmatranim grupama.

### **Analiza i izdvajanje relevantnih faktora**

Dinamiku i osnovne pravce usavršavanja – razvoja diktiraju SOd koji se nalaze na višem nivou unutrašnje organizovanosti i tehničko-tehnološkog nivoa, poremećaji u traženju usluga i izmenjeni zahtevi kupaca – korisnika usluga.

Današnji trendovi razvoja SOd u domenu koncepcije – strategije<sup>7</sup> sistema održavanja su jasni – što šira primena održavanja prema stanju i prediktivnog održavanja. Poseban doprinos primeni ovih koncepcija dao je razvoj opreme za tehničku dijagnostiku i samodijagnostiku i informatičke tehnologije. Napušta se koncept plansko-preventivnog održavanja gde god je to moguće. Teži se uspostavljanju racionalnog režima eksploatacije TS, maksimalnom smanjenju potreba TS za održavanjem i povećanju učešća korisnika u održavanju (posebno kroz koncepte totalnog produktivnog održavanja i samoodržavanja – sistemi bez održavanja, karakteristični za Japan). Razlog tome je u težnji ka smanjenju broja nepotrebnih preventivnih radova, smanjivanju rizika od iznenadnih, posebno havarijskih otkaza, prenošenju dela radova na korisnike (rasterećenje SOd), smanjenju za-

stoja u održavanju i utroška rezervnih delova i drugih resursa, a time i troškova. Postoji i mogućnost otklanjanja slabih mesta na TS (putem analize geneze otkaza) i time smanjenja učestanosti otkaza.

U domenu tehnologije posebna pažnja se pridaje razvoju različitih dijagnostičkih uređaja sa težnjom da se proces dijagnostike automatizuje, poveže sa odgovarajućim informacionim i ekspertskim sistemima (čak i na globalnom – svetskom nivou), razvoju uređaja za automatsku montažu (demontažu) sklopova – delova i uređaja – postupaka za regeneraciju (revitalizaciju) delova. Evidentan je napredak u razvoju uređaja za samodijagnostiku TS. Sve više mehaničkih veličina prevodi se u električne, a one se registruju preko računara koji se ugrađuju u TS, odnosno konstrukcija se prilagođava dijagnostičkim potrebama. Dijagnostički uređaji čine TS sigurnijim (smanjuje se rizik iznenadnog otkaza), konformnijim i ekološki ispravnijim. Na taj način se smanjuje utrošak rezervnih delova iskorišćenjem njihove „rezerve pouzdanosti“ i vrši njihova supstitucija, skraćuje se vreme zastoja zbog održavanja i u velikom delu eliminišu opravke putem zamene „sumnjivih“ delova i druge greške koje su prouzrokovala veće angažovanje radne snage i finansijskih sredstava i duže zastoje zbog održavanja. Može se očekivati i povećana realizacija radova održavanja.

U smislu trendova usavršavanja organizacije [7, 8, 11, 12] jasno je da će ključni element uspeha biti adekvatan mehanizam koordinacije, odnosno adekvatna organizaciona struktura, pravila i procedure, jer će ključni problemi biti posledica decentralizacije. Drugi element uspeha je usmerenost na korisnike usluga – kupce. Za SOd su posebno važni mehanizmi integracije sa osnovnom funkcijom sistema – korisnicima (radi poboljšanja u sferi planiranja, kvaliteta usluge održava-

<sup>7</sup> U ruskoj terminologiji: sistem održavanja; u Nemačkoj: strategija održavanja; u SAD i delu domaće naučne javnosti: koncepcija održavanja ili politika održavanja.



nja<sup>8</sup> i smanjenja neplanskih zastoja) i sa institucijama koje se bave razvojem, proizvodnjom, modifikacijama i nabavkom TS.<sup>9</sup> Potrebno je iznaći i adekvatne mehanizme integracije sa spoljašnjim, specijalizovanim, uslužnim organizacijama održavanja, jer već duže postoji opšta težnja ka prenošenju dela specifičnih poslova održavanja na spoljne saradnike [1].

Jedan od ključnih mehanizama prevazilaženja problema nastalih decentralizacijom i potrebnom da se zadovolje specifični zahtevi okruženja sastojeće se u integraciji delova sistema prema procesima,<sup>10</sup> naravno, uz eliminaciju gubitaka u njima, i stvaranju adekvatne funkcionalne organizacione strukture (danas su to matricna, projektna ili višelinijiska funkcionalna struktura). Ključni faktor bilo kakve integracije je adekvatan informacioni sistem. Sama primena savremene informacione tehnologije bez odgovarajuće reorganizacije neće omogućiti postizanje većih efekata na ukupnu uspešnost SOd [7], jer se time ne ostvaruju efekti na procesnu brzinu prenosa i obrade informacija. To znači da će uspešnija biti ona organizaciona rešenja koja, uz integraciju prema procesima, omogućavaju povećavanje kvaliteta, pojednostavljenje i ubrzanje materijalnih i informacionih tokova u sistemu i između SOd i okoline.

<sup>8</sup> Vezano za koncept TOM, uvođenje sistema kvaliteta prema standardima ISO 9000, 10000, 14000, standardima o pouzdanosti ljudskog faktora, itd.

<sup>9</sup> Stvaranje ovih relacija zasniva se na aktuelnim konceptima integralne logističke podrške (ILS-ITOb), serije američkih vojnih i IEC standarda, čija se filozofija zasniva na integralnom i sveobuhvatnom posmatranju događaja vezanih za proizvod u toku čitavog životnog veka, odnosno pružanju podrške – obezbeđenju kvaliteta TS u toku projektovanog „životnog veka“. U primeni ovog koncepta insistira se na povećanju pouzdanosti TS, minimiziranju kvantitativnih pokazatelja pogodnosti održavanja, ugradnji test-opreme, modularnom konceptu gradnje TS radi omogućavanja primene principa agregatne zamene, izradi i projektovanju dijagnostičke opreme višestruke namene, itd. radi povećanja raspoloživosti TS i smanjenja ukupnih troškova životnog veka.

<sup>10</sup> Pod procesima se podrazumeva komplet delatnosti od nastanka nekog zahteva – potrebe do njegovog punog zadovoljenja uz orijentaciju prema korisniku – kupcu i uklanjanje svih „barijera“ funkcionisanja.

Takva rešenja uticaće posebno na izmene informacionih tokova u SOd, a one na izmene tokova materijala, radne snage, novca i drugog. Posledice se ogledaju u skraćenju vremena zastoja zbog održavanja, većoj realizaciji radova održavanja i smanjenju veličine potrebnih resursa, odnosno smanjenju troškova.

Sa stanovišta organizacione kulture sve je izraženiji i trend humanizacije odnosa. Takođe, uočava se težnja [1] da se što više aktivnosti održavanja prebaci na radnike u proizvodnji, odnosno korisnike TS, što je posebno izraženo u Japanu u okviru strategije totalno produktivnog održavanja koja zahteva angažovanje svih zaposlenih jednog sistema u procesu održavanja. U slučajevima kada je to ekonomski ili u stručnom pogledu opravdano teži se poveravanju svih poslova u vezi sa jednim tehničkim sredstvom ili grupom sličnih tehničkih sredstava, bez obzira na njihovu složenost, jednom izvršiocu održavanja, a ne kao do sada, kada je glavni kriterijum bio specijalizacija. Odnosu sa korisnikom usluga posvećuje se posebna pažnja, kao što je nekoliko puta isticano, pa se razrađuju i posebni modaliteti nagrađivanja u održavanju. Sve to zahteva permanentno obrazovanje kadra, standardizaciju metoda rada, formalizaciju i tipizaciju postupaka i poboljšanja u sistemu, a rezultat se vidi u povećanju kvaliteta usluge održavanja, skraćenju vremena zastoja i troškova.

Ključni faktori koji utiču na uspešnost funkcionisanja SOd u stvari su obeležja ili osnovne komponente sistema održavanja: koncepcija, tehnologija i organizacija. Tome bi se mogao priključiti i „ljudski faktor“. Ovako određeni faktori su suviše opšti i nepogodni za kvantifikaciju. Zbog toga je izvršena jedna vrsta hijerarhijske dekompozicije sadržaja ovih uticajnih faktora, radi dolaska do njho-

## Struktura relevantnih faktora

Faktori I nivoa	Faktori II nivoa	Faktori III nivoa – merljivi faktori
Koncepcija	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Karakter održanih TS</li> <li>2. Karakter dijagnostičke opreme</li> <li>3. Učestanost (verovatnoća nastanka) pojedinih TZ</li> <li>4. Struktura TZ</li> <li>5. Zakonitost pojave TZ u vremenu</li> <li>6. Karakter radne snage</li> <li>7. Mogućnost prikupljanja i obrade relevantnih podataka</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Broj TZ za neki period (uključuje vremena između otkaza i održavanja)</li> <li>2. Struktura TZ po specifičnim kategorijama (u procentima)</li> <li>3. Kvalitet održavanja (broj reklamacija ili verovatnoća kvalitetnog održavanja)</li> <li>4. Rizik iznenadnog otkaza (verovatnoća)</li> <li>5. Aktivno vreme održavanja (i dijagnostike)</li> <li>6. Tačnost dijagnostike</li> </ol>
Tehnologija	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Karakter dijagnostičke opreme</li> <li>2. Karakter opreme za montažu i demontažu</li> <li>3. Karakter ostalih alata i opreme</li> <li>4. Karakter postrojenja</li> <li>5. Karakter dokumentacije</li> <li>6. Veličina i model upravljanja zalihama r/d</li> <li>7. Veličina svih potrebnih resursa (po elementima SOd)</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Aktivno vreme održavanja (i njegovi sastavni elementi)</li> <li>2. Logističko vreme zastoja</li> <li>3. Kvalitet održavanja (broj reklamacija ili verovatnoća kvalitetnog održavanja)</li> <li>4. Tačnost dijagnostike</li> <li>5. Količina resursa (verovatnoća zadovoljenja potrebe za nekim elementom SOd bez čekanja)</li> <li>6. Verovatnoća regeneracije i proizvodnje r/d</li> </ol>
Organizacija	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Organizaciona struktura (tip-raspodela nadležnosti-odgovornosti i putevi komunikacije)</li> <li>2. Step formalizacije, standardizacije i unifikacije upravljačkih postupaka (postupci, prioriteti, principi...)</li> <li>3. Step automatizacije prikupljanja obrade i prenosa informacija</li> <li>4. Broj nivoa (podrške) u SOd</li> <li>5. Raspored TS i elemenata SOd u prostoru</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Vreme prenosa i obrade informacija (administrativno vreme zastoja)</li> <li>2. Tačnost informacija (verovatnoća)</li> <li>3. Verovatnoća gubljenja – zaturanja informacija</li> <li>4. Logističko vreme zastoja</li> <li>5. Verovatnoća održavanja po nivoima (stepen autonomije)</li> <li>6. Interval strpljivosti po TS i nivoima</li> <li>7. Broj nivoa</li> </ol>
„Ljudski faktor“	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Broj radnika</li> <li>2. Obučenosť ljudskog faktora</li> <li>3. Obim i sadržaj radnog zadatka</li> <li>4. Motivacija</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Aktivno vreme održavanja</li> <li>2. Kvalitet održavanja (broj reklamacija ili verovatnoća kvalitetnog održavanja)</li> <li>3. Broj i struktura radne snage (verovatnoća zadovoljenja potrebe za kadrom bez čekanja)</li> </ol>

vih merljivih komponenti – pokazatelja, što je prikazano u tabeli 1.

Faktori tzv. III nivoa kvantitativno opisuju osnovne (I nivo) i izvedene faktore (II nivo) u njihovom najvažnijem delu. Izabrani su na osnovu saznanja o trendovima razvoja, uzrocima pojava i procesa u SOd i na osnovu praktičnog i teorijskog iskustva autora istraživača na rešavanju problema realnih SOd. Naravno, s tim u vezi mogući su i drugačiji pristupi.

Iz tabele 1 je jasno da se neki faktori trećeg nivoa ponavljaju, kada se posma-

tra prema faktorima prvog nivoa. Razlog tome je međusobno preplitanje i višedimenzionalnost uticaja koji se ostvaruju istim sredstvima – uzrocima (npr. dijagnostičkom opremom ili informatičkom tehnologijom).

Dimenzije navedenih faktora karakteristične su za svaki pojedinačni SOd i održavanje posebnih TS, kao i njihov uticaj u odnosu na pokazatelje funkcionisanja.

– nastaviće se –