

Pristup kvantifikaciji uticajnih faktora na sistem održavanja

Dr Petar Stanojević, dipl.inž.¹⁾
Dr Vasilije Mišković, dipl.inž.¹⁾
Vladimir Bukvić, dipl.inž.¹⁾

Razmatrani su uticajni faktori na sistem održavanja. Faktori su identifikovani, određen je mehanizam, pravac i intenzitet njihovih uticaja i mogućnosti njihove kvantifikacije. Identifikaciji uticajnih faktora na SOD moguće je pristupiti na dva načina: analizom pokazatelja uspešnosti funkcionisanja i analizom savremenih razvojnih smernica. Mehanizam i pravac delovanja uticajnih faktora se najlakše može odrediti kroz sagledavanje procesa ili metodologije projektovanja-reprojektovanja ili u najširem smislu usavršavanja SOD. Postupak kvantifikacije moguće je putem stvaranja odgovarajućih modela SOD i eksperimentisanja na tim modelima. Određivanjem relevantnih uticajnih faktora i kvantifikacijom njihovog uticaja na sistem održavanja i njihovim rangiranjem u odnosu na značaj efekata koje daju i troškove koje izazivaju, moguće je odrediti redosled potrebnih akcija razvoja i/ili uzročno-posledičnu vezu kod primene u sistemu.

Ključne reči: sistem održavanja, uticajni faktori, modeliranje, simulacija.

Uvod

VEĆINA sistema održavanja (SOD) ostvaruje svoje funkcionisanje kroz pojedinačni i maloserijski tip proizvodnje. Sistemi su prema nadležnostima hijerarhijski ustrojeni i načelno prostorno razučeni, te je svaka organizaciono-tehnološka celina (jedinica-podcelina sistema) zaokružena i za date uslove univerzalna. Sistemi se struktuiraju kao višenivojski da bi se rešili problemi: skraćivanja vremena zadržavanja tehničkih sredstava-sistema (TS) na opravi, 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 poslova i omogućavanja upravnoj strukturi da putem raspodele kapaciteta izrazi prioritete održavanja u skladu s ciljevima osnovnog sistema. Nivoi održavanja moraju postojati i zato, što hitno izvršavanje akcija održavanja (limitirano vreme - interval strpljivosti) nameće postojanje resursa održavanja (organizacionih celina) koji su bliže korisnicima TS radi skraćivanja vremena zastoja logističkih i administrativnih komponenata. Ovo se naročito odnosi na niže nivoe održavanja i na korektivno održavanje, posebno za vojne sisteme održavanja.

Svi elementi* SOD se raspoređuju po nivoima u pravilu tako, da podrže tehnološki proces održavanja tog nivoa, i da podrže funkcionisanje nižih nivoa uz uvažavanje ekonomskih ograničenja.

Organizacione strukture SOD su obično složene, a protok informacija veoma kompleksan zavisno od broja učesnika i nivoa. Efikasnost ovakvih struktura može obezbediti samo dobro koncipiran i organizovan informacioni sistem,

*¹⁾ Pod elementima SOD smatraju se: kadar, oprema, prostor, rezervni delovi, dokumentacija, softver itd. odgovarajući tip strukture i raspodela nadležnosti u

¹⁾ Vojna akademija VJ, 11000 Beograd, Ratka Resanovića 1

odlučivanju. Logistički sistemi, u koje se ubraja i SOD, pripadaju klasi sistema kod kojih je ključni faktor uspeha brzina informacionih tokova i procesa donošenja odluka* [1].

Sušтина sistema održavanja jeste pružanje kvalitetnih usluga održavanja korisnicima TS. Može se zaključiti, da se kvalitet usluga održavanja, u odnosu na korisnike tehničkih sredstava, prvenstveno sastoji u obezbeđenju-održavanju i eventualnom povećanju upotrebnog kvaliteta TS i njegovih elemenata sigurnosti funkcionisanja (što uključuje efektivnost, raspoloživost, pouzdanost, pogodnost održavanja i logističku podršku SOD).

Problem, predmet i cilj istraživanja

Postoje uspešni ili manje uspešni SOD. Pošto je uspešnost dinamička kategorija mora se razmatrati kako za sadašnji trenutak, tako i predviđati za budućnost u odnosu na konkurenciju, moguće promene u sistemu i okruženju, i smernice razvoja. S tim u vezi i problematika projektovanja, reprojektovanja, usavršavanja i poboljšanja uspešnosti SOD je stalno aktuelna. U [2] se npr. navode sledeći, permanentni ciljevi SOD: stalno osmatranje tržišne situacije, *емпирійско предвиділяње даљеј развоја многобројних утицајних фактора*, osmatranje tendencija privrednog napretka, razvoja dohotka, ponašanja potrošača (korisnika), ekonomsko nadmetanje

*¹⁾ Razlikuju se, načelno, tehnička i procesna brzina generisanja, prenosa, obrade informacija i donošenja odluke. Tehnička brzina zavisi prvenstveno od tehnologije koja se u ovim procesima koristi i kvalifikacije kadra. Procesna brzina prvenstveno 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 (konkurencija) itd.

Na uspešnost funkcionisanja SOd utiču faktori koji su predmet ovog rada, kao i razmatranje uticajnih faktora na sistem održavanja, uopšte. Teži se njihovoj identifikaciji, određivanju mehanizma, pravca i intenziteta njihovih uticaja i mogućnosti njihove kvantifikacije. Razmatranje uticajnih faktora je neodvojivo od razmatranja procesa ili metodologije projektovanja-reprojektovanja ili u najširem smislu usavršavanja SOd, jer u jednom slučaju uticajni faktori deluju u vidu inherentnih svojstava sistema, dok se u drugom slučaju zadaju kao veličine koje treba dostići projektovanjem, odnosno ujedno mogu biti ulazne veličine i parametri uspešnosti realizacije.

Mehanizam i pravac delovanja uticajnih faktora najlakše može da se odredi kroz sagledavanje procesa ili metodologije projektovanja-reprojektovanja. Mogućnost kvantifikacije uticajnih faktora predstavlja poseban kvalitet, pošto omogućava sprovođenje odgovarajućih prognostičkih postupaka. Postupak kvantifikacije izvodi se putem stvaranja odgovarajućih modela SOd koji se koriste za eksperimentisanje. Stvaranje modela SOd je neodvojivo od postupka projektovanja-usavršavanja SOd. Određivanjem relevantnih uticajnih faktora i kvantifikacijom njihovog uticaja na SOd kao i njihovo rangiranje u odnosu na značaj efekata koje zahtevaju i troškove koje izazivaju, moguće je odrediti redosled potrebnih akcija razvoja i/ili uzročno-posledičnu vezu za primenu u sistemu.

Relevantni pokazatelji uspešnosti

Svi autori se slažu da ne postoji jedna i osnovna mera za uspešnost logističkih sistema koji obuhvataju i SOd. Moguće je, međutim, odrediti parametare uspešnosti SOd, kao i njihove minimalne i/ili maksimalne vrednosti, koje treba postići u projektovanju ili funkcionisanju sistema. Tako se formira FUNKCIJA CILJA, putem koje se vrednuju karakteristična rešenja.

Prema podacima koncerna *Volkswagen* [2] najvažnija očekivanja stranaka, a prema rezultatima ispitivanja mnjenja vlasnika motornih vozila su sledeća: pouzdan servis, uočljiva i ljubazna usluga, stručno savetovanje i stručna preporuka, cene u skladu s radnim učinkom, opsežna servisna ponuda i servisne usluge na kvalitativno visokom nivou i prijatan ambijent. Najvažnija očekivanja stranaka od servisne službe su: tačna i brza usluga, garancija za sigurnost i kvalitet, obavezujući termini opravke, kratkotrajne opravke, lično uručivanje vozila s preciznim pravdanjem računa, cenovnik opravke (cena ne sme biti tajna) i povoljno radno vreme.

Budući da se SOd posmatra kao logistički podsistem, onda se njegova uspešnost treba da odredi skupom kriterijuma od kojih su osnovni [3]: 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.

Pouzadnost kvaliteta usluge meri se pouzadnošću tehničkih sistema koji se održavaju, a efikasnost i brzina njenog izvršenja meri se pokazateljima pogodnosti za održavanje (posebno kroz skraćivanje vremena aktivnog održavanja). "Raspoloživost proizvoda-usluge" u ovom slučaju se odnosi na mogućnost (verovatnoću) korisnika da ostvari traženu radnju-akciju održavanja u SOd, bez posebnih zastoja. SOd će biti uspešniji ako ima više raspoloživih resursa i kapaciteta (odnosno elemenata sistema održavanja), odnosno mogućnosti (veća verovatnoća) da pozitivno odgovori na zahteve. Poboljšanja se mogu postići korišćenjem savremene tehnologije (za

izvršenje postupaka održavanja i informacione) i permanentnom obukom kadra za održavanje. Više resursa i kapaciteta zahteva i veće troškove, ali skraćuje trajanje zastoja zbog održavanja. Odgovornost prema zahtevima korisnika-kupca i brzina kojom se usluga izvršava postiže se prvenstveno skraćivanjem vremena administrativnih i logističkih komponenata zbog održavanja, što pozitivno utiče na raspoloživost. Pouzdanost izvršavanja usluga, u nekom vremenskom periodu, može da se meri odnosom broja zahtevanih i realizovanih akcija održavanja.

Treba imati u vidu i dohodak kao meru uspešnosti, koji 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 da je izvestan broj pokazatelja uspešnosti teško merljiv ili se uopšte ne meri, odnosno nema opšti značaj pošto zavisi od "poslovne politike" karakterističnog SOd. Jedan od načina merenja ovakvih pokazatelja je tzv. sistem "obećanog kvaliteta" [2].

Određivanjem kriterijuma uspešnosti SOd kod nas najviše se bavio S. Brdarević [4] koji predlaže 28, domaćih i stranih metoda ocene uspešnosti SOd i svrstanih u šest grupa, tvrdeći da uspešnost SOd najbolje ocenjuju metode koje u izrazima za uspešnost obuhvataju samo promenljive koje karakterišu SOd.

Da bi model za ocenu SOd dao dobre rezultate, mora da zadovolji sledeće kriterijume: **a)** da obuhvata pojave (promenljive) o kojima uglavnom postoje podaci u poslovnom sistemu, **b)** da omogući ocenjivanje kako novoprotjektovanog, tako i postojećeg SOd, **v)** da bude invarijantan u odnosu na specifičnosti pojedinih SOd, **g)** da zadovolji zahteve učesnika u upravljanju SOd, **d)** da obezbedi sagledavanje ostvarenja ciljeva i podciljeva SOd, **e)** da se zbog stohastičke suštine procesa zasniva prvenstveno na teoriji verovatnoće, ali i da obuhvati veličine koje opisuju razne aspekte produktivnosti i troškova, **z)** da uzme u obzir parametre uspešnosti koji se već zahtevaju u karakterističnim standardima i drugim rešenjima u svetu, **ž)** da omogući praćenje promena u vremenu **i)** da je primenljiv kako za ceo SOd, tako i za njegove nivoe, pojedinačne radionice ili TS kada se projektuju sa stanovišta održavanja i **k)** da omogući lako uključivanje u neki od optimizacionih modela operacionih istraživanja.

Koncipiranje modela uspešnosti zasnovano na funkcionisanju SOd kao entiteta, koji ima odlike poslovnog sistema, primenljivo je kod svih sistema održavanja (obezbeđuje invarijantnost - šire videti u [5,6]). Ukupna uspešnost SOd se zasniva na uspešnosti tehnološke, organizacione i ekonomske komponente.

Model sistema-kriterijuma uspešnosti se mora formirati kao specifičan, a danas najbolje rezultate daju sistemi izgrađeni kao kombinacija specifičnog sistema kriterijuma i pokazatelja kojim se mogu porediti s najboljim sistemima, bez obzira kojoj oblasti pripadaju [3]. Prednosti primene ovog metoda (Benchmarking metod) su u tome što se može [3]: izvršiti poređenje s konkurencijom, poboljšati zadovoljstvo (ispuniti zahteve) korisnika-kupaca usluge, steći i održati reputacija na tržištu (okruženju), povećati profit, smanjiti troškove, dostići vodeći status u oblasti i osigurati se od konkurencije, steći kredibilitet, stalno poznavati stanje i mere koje za njegovo poboljšanje treba preduzeti, izvršiti identifikacija problemskih tačaka, definisati preciznije skup ciljeva sistema u budućnosti, omogućiti konstantan napredak, poboljšati motivacija zaposlenih i komparativne prednosti.

Efektii uticajnih faktora treba da budu određeni na osnovu unapred zadatog sistema kriterijuma koji određuju optimalni opšti model ocenjivanja da bi se postigla veća primenljivost

dobijenih rezultata. Na ovaj način se postiže i invarijantnost dobijenih rezultata. Prethodno izneto ukazuje na to da se za realne SOD i pored razlika, mogu da koriste, isti *opšti pokazatelji uspešnosti funkcionisanja* - ostvarivanja postavljenih zahteva, koji se svode na: a) *rasploživost (uključuje pouzdanost, pogodnost održavanja, logističku i administrativno-organizacionu problematiku)*, b) *pokazatelje realizacije akcija održavanja (uključujući i realizaciju izraženu u norma časovima, što obuhvata i elemente SOd) i c) troškove.*

Gotovost-raspoloživost se u teoriji (inženjerstvu) održavanja uvek uzima za glavni kriterijum uspešnosti nekog SOd koji služi kao pokazatelj efektivnosti i efikasnosti SOd. Izrazi za izračunavanje su poznati u teoriji i zasnivaju se na odnosu vremena kada se grupa ili jedno TS moglo angažovati u odnosu na vreme kada se to angažovanje zahtevalo. Kod vojnih sistema gde postoje gubici TS, bilo povratni ili nepovratni, i gde je cilj SOd i spasavanje TS izvlačenjem i evakuacijom, raspoloživost se uslovno može odrediti kao odnos srednje vrednosti broja ispravnih sredstava prema ukupnom broju sredstava u nekom vremenskom periodu (ili trenutku) 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 (u vidu funkcije). 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 prema kategorijama TS, prema nivoima, i vrstama radova - postupaka održavanja može biti uzet kao pokazatelj realizacije akcija održavanja. Kriterijum indirektno ukazuje na odnos pokazatelja kriterijuma efektivnosti, efikasnosti, elastičnosti i jednostavnosti. Izračunava se za celinu SOd i za sve posmatrane podsisteme.

Troškovi se najefektnije i najteže mogu prikazati u novčanom iznosu. Na ovaj način ih je jako teško iskazati, jer postoje problemi promene vrednosti novca (inflatorna kretanja) i problem metodologije vođenja i iskazivanja pojedinih troškova (ovo je problem koji uzrokuje postojeća zakonska i druga regulativa). Zbog toga je pogodno troškove iskazati u vidu veličine nekih potrebnih resursa (npr. broja radnih mesta, nekih mašina itd.), jer se smatra da su nepromenljivi troškovi (gro svih troškova) proporcionalni veličini angažovanih resursa. Kod vojnih sistema troškovi održavanja se mogu iskazati i preko mogućih gubitaka TS. Gubici TS zbog nepravovremenog izvršenja radnji održavanja u ratu, određuju se kao broj sredstava koja su zarobljena od strane neprijatelja u toku izvršenja borbenih dejstava, i na taj način izgubljena.

Izdvajanje uticajnih faktora

Identifikacija uticajnih faktora u SOd moguća je na dva načina, i to:

1. analizom pokazatelja uspešnosti funkcionisanja i
2. analizom aktuelnih razvojnih trendova.

Analiza se mora zasnivati na metodi dedukcije. Uspostavi se i analizira zavisnost uticajnih faktora s određenim pokazateljima uspešnosti funkcionisanja SOd, jer se u protivnom ne može odrediti njihov uticaj. Trendovi razvoja rezultat su potencijalnih mogućnosti određenih trenutnom naučnom i ekonomskom realnošću i direktno utiču na povećanje ili gubljenje značaja pojedinih uticajnih faktora.

Osnova za ovakvu analizu predstavlja izučavanje

informacija iz dostupne literature, ali i iskustvo autora stečeno na realizaciji istraživačkih projekata vezanih za karakteristične SOd [7,8].

Analiza pokazatelja uspešnosti funkcionisanja je data u prethodnom delu teksta.

Usavršavanje SOd je neophodno jer se u protivnom stvaraju zatvoreni sistemi u kojima raste entropija, pa se sistem dezorganizuje i gasi. Dinamiku i osnovne pravce usavršavanja diktiraju SOd koji se nalaze na višem nivou unutrašnje organizovanosti i tehničko-tehnološkog nivoa, poremećaji u potražnji usluga i izmenjeni zahtevi kupaca-korisnika usluga. Usavršavanje i razvoj SOd može biti u sferama koncepcije - strategije, tehnologije, organizacije i organizacione kulture (načina ponašanja - attitude), u jednoj od njih ili kombinovano.

Današnji trendovi razvoja SOd u domenu koncepcije-strategije sistema održavanja su jasni, usmereni na što širu primenu održavanja prema stanju i preventivno održavanje. Poseban doprinos primeni ovih koncepcija dao je razvoj opreme za tehničku dijagnostiku, 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 totalno produktivnog održavanja i samoodržavanja-sistemi bez održavanja karakteristični za Japan). Teži se ka smanjenju broja nepotrebnih preventivnih radova, smanjivanju rizika od iznenadnih, posebno, havarijskih otkaza, prenošenju dela radova na korisnike (rasterećenje SOd), smanjenju zastoja 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 se pažnja pridaje razvoju različitih dijagnostičkih uređaja koji automatizuju proces dijagnostike, i povezuju ga sa odgovarajućim informacionim i ekspertskim sistemima (čak i na globalnom-svetskom nivou), kao i razvoju uređaja za automatsku montažu-de-montažu sklopova - delova i uređaja - postupaka za revitalizaciju delova. Postignut je visok stepen u razvoju uređaja za samodijagnostiku TS. Sve više mehaničkih veličina se prevodi u elektronske, a ove 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), komfornijim i ekološki ispravnijim. Na ovaj način se smanjuje utrošak rezervnih delova iskorišćenjem njihove "rezerve pouzdanosti" i vrši njihova supstitucija, skraćuje se vreme zastoja zbog održavanja i u dobrom delu se eliminišu opravke putem zamene "sumnjivih" delova i druge greške koje su prouzrokovale veće angažovanje radne snage i finansijskih sredstava i duže zastoje zbog održavanja. Za očekivati je i povećanu realizaciju radova održavanja.

U smislu trendova usavršavanja organizacije [9-13] 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 posebno

* Decentralizacija je logična posledica hijerarhijskog strukturiranja SOd. Opšta je tendencija da se SOd delimično decentralizuje, tako što će se poslovi tekućeg održavanja poveriti organizacionim jedinicama koje se nalaze prostorno uz korisnike, odnosno tamo gde su tehnička sredstva, dok se poslovi investicionog održavanja i izrade rezervnih delova poveravaju posebnoj organizacionoj jedinici koja deluje van prostora gde se tehnička sredstva eksploatišu.

su važni mehanizmi integracije sa osnovnom funkcijom sistema - korisnicima (radi poboljšanja u sferi planiranja, kvaliteta usluge održavanja* i smanjenja neplanskih zastoja) i sa institucijama koje se bave razvojem, proizvodnjom, modifikacijom i nabavkom TS. Potrebno je iznaći i adekvatne mehanizme integracije sa spoljašnjim, specijalizovanim, uslužnim organizacijama održavanja, jer već duže vreme postoji opšta težnja ka prenošenju dela specifičnih poslova održavanja na spoljašnje saradnike [14].

Jedan od ključnih mehanizama prevazilaženja problema nastalih decentralizacijom i potrebom da se zadovolje specifični zahtevi okruženja, sastoje se u integraciji delova sistema prema procesima**, naravno uz eliminaciju gubitaka u njima, i stvaranju adekvatne funkcionalne organizacione strukture (danas su to matrična, 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 [9], jer se time neće ubrzati brzina prenosa i obrade informacija. To znači da su uspešnija ona organizaciona rešenja koja uz integraciju omogućavaju poboljšanje kvaliteta, pojednostavljenje i ubrzavanje materijalnih i informacionih tokova u sistemu i između SOd i okoline. Takva rešenja će uticati posebno na izmenu informacionih tokova u SOd, koje će uticati na izmene tokova materijala, radne snage, novca i dr., a rezultat je skraćivanje vremena zastoja zbog održavanja, veća realizacija radova održavanja i smanjenje potrebnih resursa, odnosno smanjenje troškova.

Sa stanovišta organizacione kulture sve je izraženiji i trend humanizacije odnosa. Uočena je težnja [14] da se što više aktivnosti održavanja prebaci na radnike u proizvodnji, odnosno korisnike TS, a naročito aktivnosti vezane za preglede stanja i podmazivanje, čime se postiže tzv. *Job Enlargement* i *Job Enrichment*, odnosno proširenje obima i sadržaja radnog zadatka. Sve ovo zahteva peramanetno obrazovanje kadra, standardizaciju metoda rada, formalizaciju i tipizaciju postupaka i poboljšanja u sistemu.

Na osnovu iznetog, mogu se izdvojiti ključni uticajni faktori na uspešnost funkcionisanja SOd, ili osnovne komponente sistema održavanja: koncepcija, tehnologija i organizacija. Treba imati u vidu i "ljudski faktor". Određeni faktori su suviše opšti i nepogodni za kvantifikaciju. Radi odabira merljivih pokazatelja datih faktora, izvršena je njihova hijerarhijska dekompozicija 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 istraživača-autora u rešavanju problema realnih SOd. Naravno, s tim u vezi mogući su i drugačiji pristupi.

Iz tabele se jasno vidi da se neki faktori trećeg nivoa ponavljaju, u odnosu na faktor prvog nivoa. Razlog je u međusobnom preplitanju i višedimenzionalnom uticaju 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. Karakterističan je i njihov uticaj gledano u odnosu na pokazatelje funkcionisanja.

Tabela 1. Struktura uticajnih faktora

Faktori I nivoa	Faktori II nivoa	Faktori III nivoa merljivi faktori
Koncepcija	-karakter održanih TS -karakter dijagnostičke opreme -učestanost (verovatnoća nastanka) pojedinih TZ -struktura TZ -zakonitost pojave TZ u vremenu -karakter radne snage -mogućnost prikupljanja i obrade relevantnih podataka	-broj TZ za neki vremenski period (uključuje vremena između otkaza i održavanja) -struktura TZ po specifičnim kategorijama (u procentima) -kvalitet održavanja (broj reklamacija ili verovatnoća kvalitetnog održavanja) -rizik iznenadnog otkaza (verovatnoća) -aktivno vreme održavanja (i dijagnostike) -tačnost dijagnostike
Tehnologija	-karakter dijagnostičke opreme -karakter opreme za montažu i demontažu -karakter ostalih alata i opreme -karakter postrojenja -karakter dokumentacije -veličina i model upravljanja zalihama r/d -veličina svih potrebnih resursa (po elementima SOd)	-aktivno vreme održavanja (i njegovi sastavni elementi) -logističko vreme zastoja -kvalitet održavanja (broj reklamacija ili verovatnoća kvalitetnog održavanja) -tačnost dijagnostike -količina resursa (verovatnoća zadovoljenja potrebe za nekim elementom SOd bez čekanja) -verovatnoća regeneracije i proizvodnje r/d
Organizacija	-organizaciona struktura (tip-raspodela nadležnosti-odgovornosti i putevi komunikacije) -stepen formalizacije, standardizacije i unifikacije upravljačkih postupaka (postupci, prioriteti, principi...) -stepen automatizacije prikupljanja obrade i prenosa informacija -broj nivoa (podrške) u SOd -raspored TS i elemenata SOd u prostoru	-vreme prenosa i obrade informacija (administrativno vreme zastoja) -tačnost informacija (verovatnoća) -verovatnoća gubljenja-zaturanja informacija -logističko vreme zastoja -verovatnoća održavanja po nivoima (stepen autonomije) -interval strpljivosti po TS i nivoima -broj nivoa
"Ljudski faktor"	-broj radnika -obučenosť ljudskog faktora -obim i sadržaj radnog zadatka -motivacija	-aktivno vreme održavanja -kvalitet održavanja (broj reklamacija ili verovatnoća kvalitetnog održavanja) -broj i struktura radne snage (verovatnoća zadovoljenja potrebe za kadrom bez čekanja)

Bojazan od nepreduzivanja koraka ka usavršavanju—razvoju SOd nužno bi trebala biti slična bojazni izazvanoj potencijalnim rizicima koje sa sobom nose pogrešne odluke; neusavršavanje sistema vodi njihovoj sigurnoj stagnaciji i propasti, kao i pogrešne razvojne odluke.

Na polju strategije (metodologije) usavršavanja—projektovanja SOd javlja se više koncepcija koje se po svojoj prirodi međusobno dopunjavaju [9], kao npr. koncept *Business proces reengineering* (BPR) [10]; Inovacija—usavršavanje procesa (*process innovation*), (PI) [15]; Unapređenje poslovnih procesa (*business process improvement* (BPI)) [16], ili su specifična kombinacija prethodnih [9,17]. Ciljevi su im istovetni: omogućiti brži, bolji i jeftiniji rad u zadovoljenje sve izbirljivijeg tržišta-korisnika, što kao rezultat ima povećanje kvaliteta u odnosu na konkurenciju i povećanje profita. To zahteva korišćenje svih danas poznatih istraživačkih instrumenata s tim što se preferira hibridna simulacija koja uključuje povezivanje svih tokova u modelima, fuzzy pristup i višekriterijumsko

*) Vezano za koncept TQM, uvođenje sistema kvaliteta prema standardima ISO 9000, 10000, 14000, standardima o pouzdanosti ljudskog faktora itd.

**) Pod procesima se misli na procese delatnosti od nastanka otkaza

odlučivanje. Bitne razlike su u: pravcu primene, obuhvatu problema, rezultatima koji se njihovom primenom mogu postići i rizicima koje njihova primena nosi sa sobom. Koncept BPR zahteva pristup promenama odozgo prema dole, jer usavršavanjem sistema kao celine teži se iskoristiti sve prednosti sinergetskog efekta. PI je jedan od koncepata koji u osnovi ima pristup odozdo prema gore, odnosno preferira se prethodno usavršavanje delova ili pojedinih funkcija sistema, pa tek onda sistema kao celine, slično kao i JIT ili TQM strategije. Ostali koncepti predstavljaju njihovu kombinaciju. Konceptom BPR trebalo bi da se postignu veoma dobri efekti, ali je rizik ovakvog pristupa visok. Primena koncepata sličnih PI sigurno donosi poboljšanja, koja ne mogu biti nivoi BPR, jer su vezana za delove sistema (odsustvo sinergetskog efekta), ali je rizik donošenja pogrešnih odluka mali. Primena koncepata koji predstavljaju kombinaciju prethodnih može u ekstremnom slučaju dovesti i do efekata sličnih kao primenom BPR [9,17] s tim što se izbegava opasnost (smanjuje se nivo rizika) koju sa sobom nosi primena radikalnih rešenja koja često mogu imati i nepredvidljiv suprotan efekat na sistem, posebno kada ih kreiraju menadžeri koji nemaju dovoljno iskustva ili znanja o procesima specifičnim za SOD koji su predmet reprojekovanja.

Problem koji se postavlja pred inicijatore razvojnih promena u SOD je dvojak. Jedan se sastoji u tome koji od postupaka-metodologija usavršavanja-razvoja (korak po korak, reprojekovanje celine sistema ili kombinacija) izabrati, a drugi je u tome kako doći do kvantitativnih pokazatelja* na osnovu kojih će se odabrati najbolja varijanta, 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 u 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. 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 koji su preduzimajući određene aktivnosti razvoja dostigli vodeće sisteme ili postigli neke veoma dobre rezultate funkcionisanja. Postoje, međutim, i otežavajuće okolnosti koje usložnjavaju ili onemogućavaju primenu iznetih iskustava. Nivo primene razvojnih rešenja je veoma različit, 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 razučeni, 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.

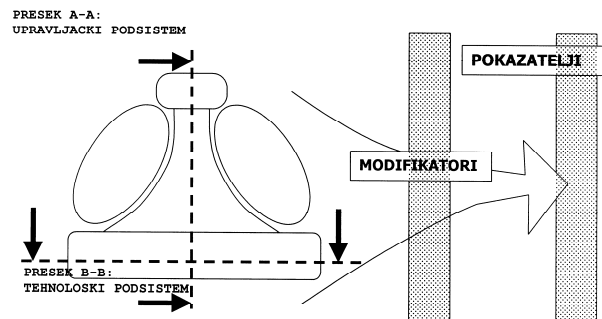
Metodologija kvantifikacije uticajnih faktora kroz postupak projektovanja–reprojekovanja SOD

Najsigurniji put razvoja, danas, omogućavaju

metodologije koje se zasnivaju na seriji tačno preciziranih faznih koraka [9,17], jer se logičnim redosledom postupaka istraživačko-razvojni naponi minimiziraju, obezbeđuje sveobuhvatnost, kao i potpuno razumevanje dešavanja u SOD, izbegavaju mogućnosti previda pojedinih uticajnih faktora i veza i time smanjuje mogućnost greške. Da bi se izbegla mogućnost loših rešenja, projektovanju SOD mora se pristupiti na osnovama sistemskog pristupa i analize. Osnova ovakve metodologije mora biti Situacioni pristup (*Case study approach*), jer se moraju uvažiti specifičnosti svakog projektovanog SOD. Prednost će naravno imati one metodologije koje omogućavaju lakšu primenu i time kontinuitet u primeni, odnosno cikličan proces usavršavanja SOD, svaki put kada se ukaže potreba za poboljšanjima. Prethodno izneta zapažanja praktično čine specifičan sistem kriterijuma valjanosti metodologija za usavršavanje SOD.

U nastavku je dat kratak prikaz metodologije projektovanja SOD, šire opisan u [7,8,17].

Na sl.1 je dat prikaz na kome je SOD prikazan pomoću Minitzbergovog [18] opšteg-ideogramskog prikaza organizacionih sistema (u levom uglu slike) gde preseki A-A i B-B imaju značenje upravljačkog podsistema (organizacione-upravljačke strukture) i tehnološkog podsistema (operativnog dela sistema). Struktura sistema kako tehnološka tako i organizaciona, predstavljaju samo potencijale koji deluju u uslovima različitih zahteva postavljenih pred sistem u vremenu, u uslovima raznorodnih poremećaja i izmena u resursima, ograničenjima i načinima funkcionisanja, koje sve možemo uslovno nazvati "modifikatorima" funkcionisanja. Faktori koji utiču na SOD u stvari predstavljaju njegove modifikatore funkcionisanja. Izlaz iz sistema se, naravno, mora odrediti na osnovu merenja skupa raznorodnih parametara uspešnosti.



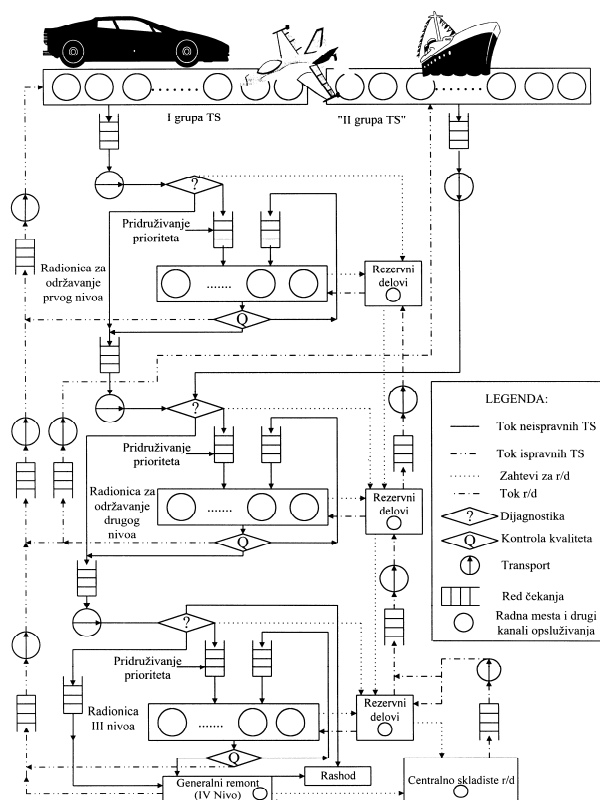
Slika 1. Odnos razmatranog sistema i parametara uspešnosti funkcionisanja

Presek A-A organizacije predstavlja njegoa organizaciona struktura, koja po tipu i sadržaju može biti vrlo raznolika. Tokovi informacija i novca su karakteristični za ovaj presek. Može se reći da organizacionu strukturu čine tri ključna elementa: 1) makrostruktura organizacije, 2) mikrostruktura organizacije, 3) infrastruktura. Makrostrukturu čine organizacione jedinice, u najširem smislu (uključuje i funkcije) i njihovi međusobni odnosi; mikrostrukturu predstavlja broj, raspored i odnos radnih mesta unutar svake organizacione jedinice, a infrastrukturu čini sve ono što međusobno povezuje elemente makrostrukturu i mikrostrukturu, stvara mrežu odnosa i pokreće ih zajedno sa psihosocijalnim podsistemom ka ostvarenju cilja. Tu su obuhvaćeni podsistemi: a) informacioni, b) regulacioni i v) menadžment.

Presek B-B predstavlja prikaz operativnog nivoa sistema koji za cilj ima stvaranje korisnog izlaza na osnovu zadatih

*) Odlučivanje je značajno olakšano kada je zasnovano na

ulaza i na kome se nalaze izvršne organizacione celine sistema. Ovim nivoom dominiraju tokovi materijala, radne snage, sredstava za rad i informacija koji ih prate. Presek B-B se može prikazati na način prikazan na sl.2. Ovakav prikaz je izrađen na osnovu opštih smernica za prikaze složenih sistema masovnog opsluživanja i služi kao osnova za opšti prikaz i modeliranje tokova ispravnih i neispravnih TS, tokova zahteva za r/d i isporuka r/d, radnji dijagnostike, održavanja, kontrole kvaliteta, transporta, formiranje redova čekanja, pridonizivanja prioriteta (osnova upravljanja) i tehnoloških elemenata, odnosno za tehnološko projektovanje sistema. Sam po sebi takav prikaz pogodan je kao osnova za simulaciono modeliranje. Ovo se, takođe, može posmatrati po nivoima sistema. Na slici se vidi da je za svaku grupu-vrstu TS moguće modelirati posebne tokove, u zavisnosti od raspodele konkretne nadležnosti za održavanje vrste TS po nivoima sistema (tzv. šeme održavanja).



Slika 2. Prikaz operativnog nivoa sistema (presek B-B)

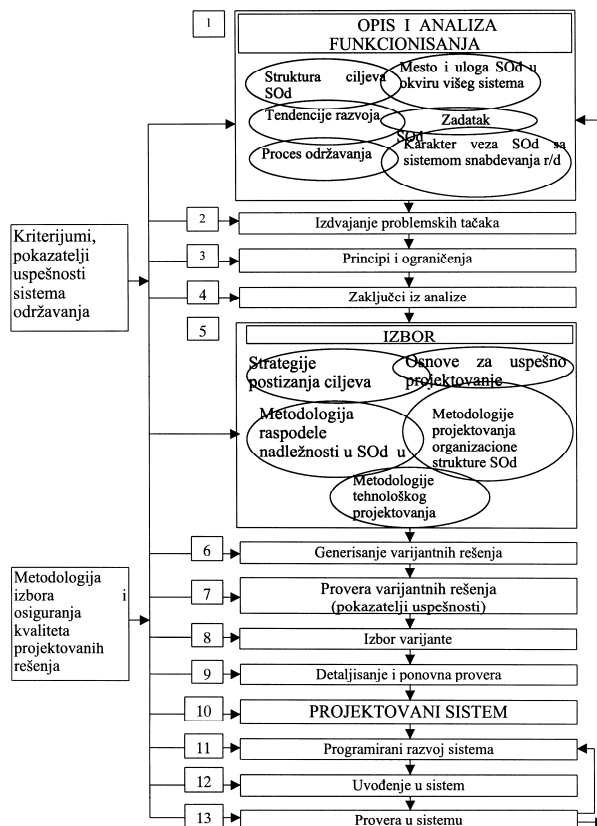
Između ovih jasno odvojenih zona (A-A i B-B) postoje i prelazne zone u kojima se pojavljuju sve moguće kombinacije tokova. Osim ovog, u sistemu se odvijaju i specifični procesi odlučivanja. To znači da se istovremeno mora uzeti u obzir postojanje: tokova različitog karaktera u sistemu (novca, informacija, materijala, resursa, radne snage), prirodnih i upravljačkih kola povratnog dejstva, inertnosti sistema-kašnjenja u sistemu, gubitaka - odliva iz sistema, različitog kvaliteta relacija između elemenata sistema (jednosmerne i povratne, pozitivne i negativne, redne, paralelne i kombinovane) i kriterijuma odlučivanja.

Može se zaključiti: a) da se pri projektovanju-reprojektovanju SOd gotovo istovremeno moraju rešavati problemi tehnološkog dizajna i dizajna organizacione strukture, jer oni predstavljaju nerazdvojivu i međusobno

zavisnu celinu, b) da metodologije tehnološkog i organizacionog projektovanja moraju biti prilagođene karakteru procesa koji su za njih vezani, dakle različiti i c) da mora postojati odgovarajući način povezivanja ovih dveju metodologija u jednu celinu zajedno s ostalim istraživačkim postupcima, danas uobičajenim u aktivnostima oko projektovanja organizacije i tehnologije.

Na osnovu prethodno iznetog, uzimajući u obzir sva saznanja do sada stečena kroz istraživanja ili praktični rad, kreirana je specifična metodologija projektovanja SOd i logističkih sistema. Takođe je omogućeno da se korišćenjem takve metodologije odredi najbolje "tehnološko" rešenje, najbolja varijanta organizacione strukture i raspodele nadležnosti u odlučivanju iz skupa mogućih i omogući eksperimentisanje s mogućim varijantnim rešenjima i promenom veličina ulaznih parametara. To znači da je izvršena sistematizacija i optimizacija potrebnih postupaka projektovanja i njihovo uklapanje u odgovarajuću karakterističnu proceduru projektovanja. U ovoj oblasti su do sada postojale razvijene metodologije za optimizacije delova sistema i sistema održavanja pojedinačnih TS, preventivno zasnovane na teoriji pouzdanosti, pogodnosti održavanja i optimizaciji zasnovanoj na srednjim vrednostima statističkih pokazatelja i modela održavanja.

Osnovni algoritam projektovanja/reprojektovanja SOd kao celine prikazan je na sl.3.



Slika 3. Osnovni algoritam projektovanja SOd

Kreirani pristup je zasnovan na filozofiji cikličnih ili spiralnih, ali i klasičnih modela organizacionog projektovanja. U sebi ima ugrađenu proceduru postupaka sistemskog pristupa. Posmatranom sistemu se pristupa kao celini, ali se posmatraju i njegovi karakteristični delovi.

Time je postignuta mogućnost da se u postupku projektovanja ostvari susretni pristup (odozgo nadole i obratno), ali i da se provedu postupci analize i sinteze. Ciklični ili spiralni pristup znači permanentnu verifikaciju i validaciju rezultata i povratak na prethodne korake procedure ako je potrebno postići odgovarajuća poboljšanja, u bilo kom koraku, odnosno ostvaruje se kontinualna povratna veza. Postupak podrazumeva i testiranje dobijenih rešenja u praksi i permanentno usavršavanje sistema zbog poboljšanja vrednosti izlaznih pokazatelja uspešnosti ili zbog promena koje se mogu dogoditi u sferi okruženja ili tehnologije. Projektovanje jedne po jedne jedinice i njihovo uklapanje u celinu čini postupak projektovanja odozdo nagore. Ovaj pristup omogućava zadržavanje projekta u granicama upravljivosti i razumevanje problema i funkcionisanja pojedinih podcelina (uz povezivanje prema procesima). Na taj način reprojekovanje SOD ne znači nužno revolucionarne promene, nego se omogućava i evolutivni razvoj.

Dve osnovne celine ili faze postupka predstavljaju:

1) opis i analiza funkcionisanja i 2) izbor.

U toku opisa i analize funkcionisanja treba izvršiti analizu tokova materijala (ATM), analizu informacionih procesa (AIP) i analizu postupaka odlučivanja (APO). ATM omogućava da se uoče uzročnici raznih zastoja u procesima pretvaranja materijalnog ulaza u korisni izlaz, ograničenja, nelogičnosti i mesta na kojima se pojavljuje diskontinuitet međusobno zavisnih radnji ili postupaka, nedostaci u logističkoj podršci itd. i da se tačno odrede aktivnosti koje ne povećavaju vrednost izlaznih rezultata (generatori gubitaka). AIP omogućava da se determinišu sve karakteristike i tokovi informacija unutar posmatranog sistema i između sistema i njegovog okruženja. Takođe, ovim postupkom se određuje način procesiranja informacija u sistemu i određuju oni elementi organizacione-upravljačke strukture koji su uključeni u pojedine procese odlučivanja. Na ovaj način se određuje i postojeća struktura nadležnosti i odnosa zavisnosti u upravljačkom podsystemu SOD. APO je namenjena da se odrede postupci i algoritmi u procesu donošenja odluka za upravljanje posmatranim procesima.

Na osnovu opisa i analize funkcionisanja konkretnog SOD, determinišu se: a) struktura ciljeva SOD, b) šema organizacione strukture i postojeće raspodele nadležnosti, v) mesto i uloga SOD u okviru višeg i logističkog sistema i okvirnih zahteva za karakter njegovog funkcionisanja (principa i ograničenja), g) celine zadataka koje SOD treba da realizuje, d) strukture i karakteristika tehnoloških zahteva* (TZ), e) karakter procesa održavanja i tehnoloških elemenata (TE) koji se koriste za održavanje, f) pravila i procedure po kojima se izvršavaju postupci održavanja i odlučivanja, i) karakter veza SOD sa sistemom snabdevanja rezervnim delovima, j) tendencije razvoja na područjima koja imaju uticaj na SOD.

Izdvajanjem problemskih tačaka identifikuju se njihovi mogući generatori i skup intervencija za njihovo otklanjanje koji mogu biti organizacione, tehnološke ili konceptijske prirode, što uključuje primenu poznatih i novih principa, pravila, procedura i promene u načinu ponašanja ljudi.

Ne mogu se, međutim, sva potencijalna rešenja primeniti na sve delove SOD, za realizaciju svih TZ i

na sve oblike funkcionisanja. Zbog toga je potrebno izvršiti klasifikaciju delova podržavanog sistema i/ili delova SOD prema: generatorima TZ, odnosno specifičnostima TS, karakteru TZ, specifičnim postupcima i zahtevima upravljanja, TE potrebnim za realizaciju specifičnih TZ, karakteru radne snage, prostoru na kojem se izvode aktivnosti, postavljenim ciljevima, karakteru delatnosti, pripadnosti delovima SOD i širem okruženja, tendencijama razvoja i slično. Tek na osnovu ovakve klasifikacije moguće je specifičnim celinama SOD pridružiti skup mogućih rešenja funkcionisanja koja sadrže skup mogućih akcija upravljačke, organizacione, tehnološke ili konceptijske prirode. Time se stvara okvir za projektovanje varijantnih rešenja strukture i procesa u okviru SOD. Samo na osnovu analize sistema stiže se dovoljno informacija za kreiranje odgovarajućeg modela sistema.

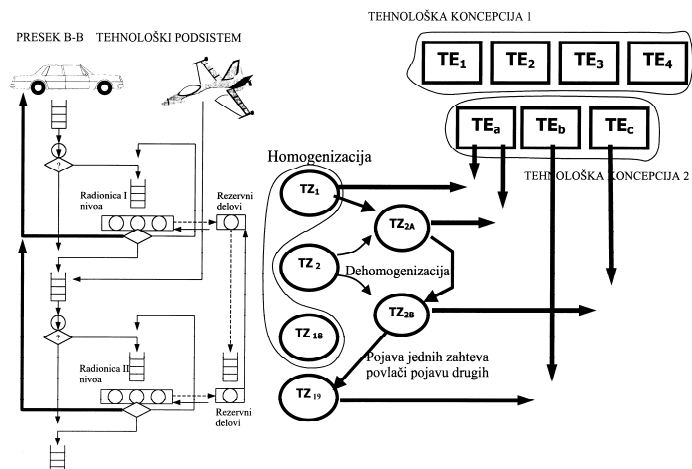
Tokom izbora mora se odrediti koje će se od mogućih strategija usavršavanja uzeti u razmatranje. Ovo predstavlja osnovu za konkretan odabir osnovu za uspešno reprojekovanje/projektovanje i metodologija raspodeljivanja nadležnosti, kao i tehnološkog projektovanja.

Osnovu za projektovanje načelno čini skup principa i ograničenja na kojima bi trebalo da se zasniva funkcionisanje SOD, a koje treba pažljivo izabrati iz skupa mogućih. Uspešno rešenje će se postići ako se prioritet daje procesima (celina je važnija od dela) da bi se potom išlo na usavršavanje metoda rada.

Ova algoritmovana metodologija projektovanja u celini ima kvalitativnu i kvantitativnu fazu. Što se više ide prema kraju procedure modeliranja, postaje sve kvantitativnija. To zahteva i angažman stručnjaka odgovarajućih profila u zavisnosti od faze istraživanja.

Proces projektovanja je iterativan. Permanentna primena sistema kriterijuma i postupaka za obezbeđenje kvaliteta projekta (šire u već navedenoj literaturi) omogućavaju postojanje stalne (kontinuirane) povratne veze među svim koracima u algoritmu.

Sušтина tehnološkog projektovanja je određivanje rešenja koje u datim uslovima omogućava najcelishodnije funkcionisanje projektovanog sistema. Algoritam metodoloških koraka tehnološkog projektovanja (poznat u literaturi [18]) je osnova, podsetnik i uputstvo za tehnološko projektovanje logističkih sistema. Algoritmom su obuhvaćene faze projektovanja i veze s ostalim učesnicima u projektovanju. Grafički prikaz ovog postupka



Slika 4. Tehnološko projektovanje

*) TEHNOLOŠKI ZAHTEV se može definisati kao elementarna aktivnost koja nastaje raščlanjivanjem zadatka (u ovom slučaju sistema održavanja) na nivo koji obezbeđuje da se ostvare veze između njih i elemenata koji ih realizuju" [19]. TZ su po prirodi višedimenzionalni i ni jedan od njih se pri tehnološkom projektovanju ne može zaboraviti ili isključiti, jer će time nestati i neuključivanje TEHNOLOŠKOG ELEMENTA, odnosno resursa koji se imaju

ilustrovan je na sl.4.

Osnovnu strukturu projektovanja tehnoloških procesa u SOd čine sledeće faze: a) analiza TZ, b) izbor elemenata sistema (resursa-TE), kroz definisanje tehnoloških koncepcija*, c) modeliranje sistema i dimenzionisanje njegovih elemenata, d) uklapanje elemenata u celine i formiranje tehnoloških rešenja**, e) vrednovanje i izbor rešenja i f) formiranje potrebnih podloga ostalim projektantima i izvođačima.

Dovođenje primenjenih tehnologija u lokacijski i hijerarhijski odnos, na generalnom planu, vrši se usvajanjem neke od mogućih koncepcija-stratifikacija sistema održavanja prema tzv. nivoima podrške. Potom, se svaka primenjena tehnologija preliminarno locira na raspoloživom prostoru.

Realizacija pojedinih TZ zavisi i od toga kako se procesom upravlja. Osnove za upravljanje procesima kao što su: prioritet, jednovremena realizacija sa više TE, šema toka logističkih procesa, načela izbora prioriteta, pravila i dr.; moraju se usaglasiti sa potrebama za brzinom prenosa informacija i odlučivanja u upravljačkoj strukturi (on-line ili periodično). Mora se uspostaviti povratna sprema između indentifikacije, racionalizacije i kvantifikacije TZ-a. Kod svakog TZ treba razmotriti mogućnosti njegove racionalizacije. Kvantifikacija TZ podrazumeva utvrđivanje njihovih karakteristika i za svaku karakteristiku odgovarajućih obeležja uz dodeljivanje kvantitativnih pokazatelja koji su dovoljni da se TZ opiše kvantitativno i kvalitativno. Kvantifikacija TZ se obavlja u okviru svake tehnološke koncepcije posebno. Osnovna karakteristična veličina TZ je njegov intenzitet. Pojavni oblik TZ (količina) kao i zakon nastanka TZ u vremenu direktno određuju vreme za njegovu realizaciju, uz poznavanje intenziteta usluge koju specifični TE može ostvariti. Sabiranjem TZ ostvaruje se efekat smanjenja koeficijenta varijacije TZ-a i smanjuje se stohastičnost i nestacionarnost. Sabirati se mogu samo TZ koji su homogeni sa stanovišta izvršenja na jednom TE i imaju isto mesto nastanka i završetka. Simulacionim modelima za sabiranje slučajnih veličina mogu se sabirati stohastički TZ, bez obzira da li su im intenziteti predstavljeni empirijskim ili teoretskim raspodelama verovatnoća.

Osnovni principi pri sprovođenju postupka

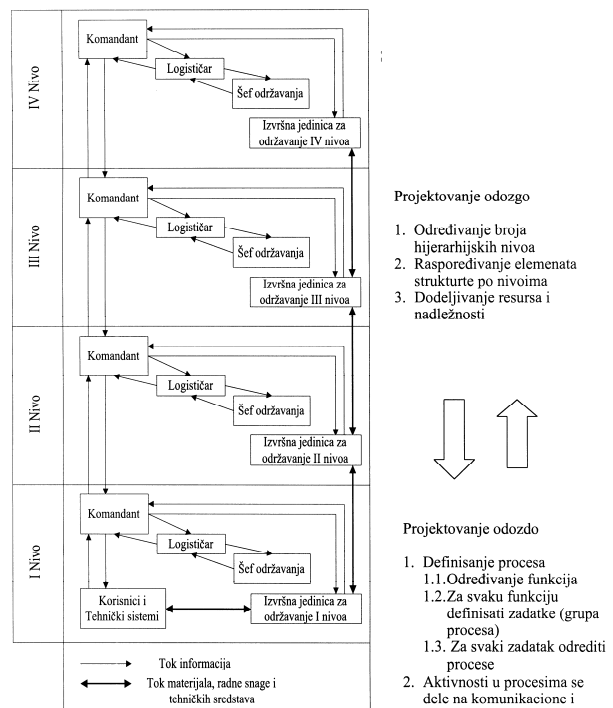
*) Osnovni princip pri definisanju TZ je njegova povezanost sa TE.

Ovo zahteva grupisanje TZ u grupe sa aspekta njihovog izvršenja. Ovako formiranoj grupi zahteva, zaokruženoj u jednu tehnološku celinu, može se dodeliti jedinstven način izvršavanja, koji, ako je uobičajen u praksi, dobija naziv tipična tehnologija. Dešava se da se projektant tehnologije nađe u situaciji da misli da je najbolje rešenje neka neuobičajena tehnologija. U tom slučaju radi se o atipičnoj tehnologiji. Za tipičnu tehnologiju se može reći da je potpuno definisana samo ako su kompletno obuhvaćene sledeće veličine: struktura TZ koji su obuhvaćeni tehnološkom koncepcijom, sa svim svojim relevantnim karakteristikama, struktura korišćenih TE i njihov odnos sa TZ, rešenje mikrolokacijskih problema, oblici operativnog upravljanja pri izvršenju TZ. Sagledavanje veza između TZ i TE najjednostavnije se realizuje formiranjem matrice veza, odnosa TZ i TE. **TEHNOLOŠKE KONCEPCIJE** su osnovi skup tipičnih, atipičnih tehnologija, uklapanja u lokaciju i upravljanja procesima. Za izvršenje zadatka sistema, dakle, definiše se više tehnoloških koncepcija, tako da se dolazi do termina varijantna tehnološka koncepcija. Tipične tehnologije mogu biti zavisne ili nezavisne od tehnološke koncepcije (nema potrebe za

dimenzionisanja TE (TE su praktično svi elementi SOd) u okviru proizvodnje tehnološke koncepcije su: a) pravi izbor relevantnog "maksimuma intenziteta zadatka sistema" i faza realizacije projekta, b) definisanje veličina koje se dimenzionišu (potreban broj TE i njihovih dimenzionih karakteristika kao što su kapacitet, tačnost, nosivost i dimenzije), c) izbor kvalitetnih merodavnih veličina za dimenzionisanje TE (npr. dužina trajanja realizacije TZ je merodavna veličina uvek kada TZ treba da se realizuje u nekom vremenu koje treba optimizirati; intenzitet TZ je po pravilu uvek ulazna veličina u svim modelima za dimenzionisanje), d) kvantifikacija TE treba da se obavi saglasno merodavnim veličinama i modelima za dimenzionisanje (npr. simulacioni), e) analiza osetljivosti izlaznih rezultata na promenu relevantnih ulaznih veličina i po potrebi obezbeđenje pouzdanijih ulaznih podataka.

Da bi se zaokružila celina projektovanja SOd, potrebno je dati u vidu izlaza iz tehnološkog projektovanja i podlogu za ostale projektante. Prvenstveno se misli na davanje podataka projektantima: organizacione-upravljačke strukture, informacionog sistema, arhitektama, građevincima itd.

Da bi se ostvario susretni pristup projektovanju organizacione-upravljačke strukture i veza sa sistemom izvršenja tehnoloških procesa, treba povezati postupak tehnološkog projektovanja sa postupkom projektovanja organizacione strukture. Ta veza je ostvarena kreiranjem originalnog algoritma projektovanja organizacione strukture SOd (šire u [7,8,17]). Ovaj postupak ilustrovan je na sl.5.



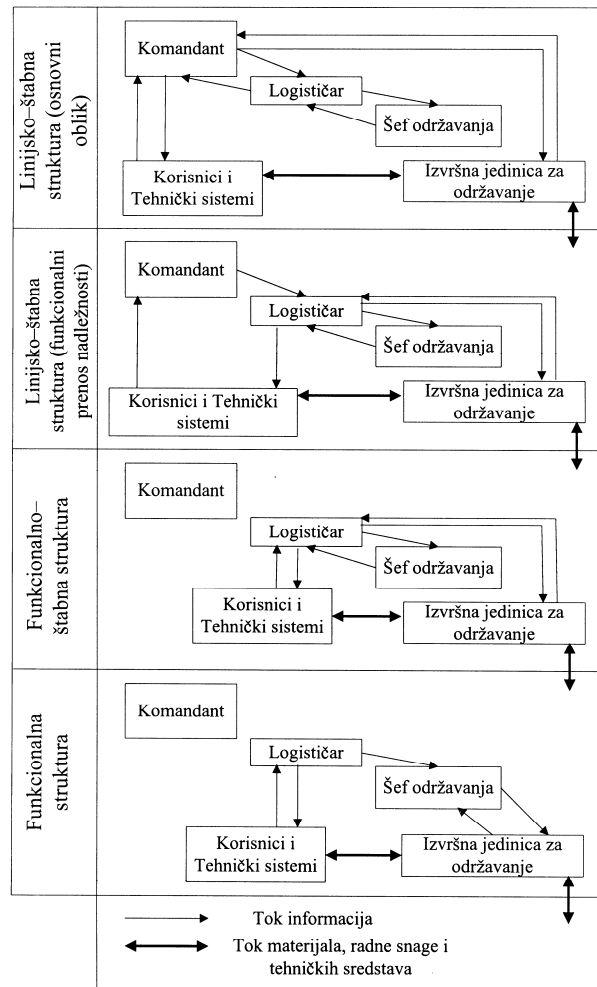
Slika 5. Pristup projektovanju upravljačke strukture (presek A-A)

Na slici je prikazan presek A-A (videti sl.1.) za jedan karakterističan tip organizacione-upravljačke strukture u vojnom SOd (linijsko-štabni). Određeni su informacioni i matrijalni tokovi među upravljačkim nivoima sistema i u okviru pojedinih upravljačkih nivoa. Na slici se mogu uočiti i osnovne karakteristike - sadržaji primenjenog principa susretnog projektovanja organizacije (odozgo i odozdo).

U okviru upravljanja u oblasti materijalnih i informacionih

tokova u SOd karakteristični su sledeći zadaci (proces): izvođenje postupaka održavanja, operativno planiranje, obezbeđenje kvaliteta, otklanjanje slabih mesta na TS, motivacija održavalaca, logistička podrška SOd, razvoj (inovacije), finansijski, materijalni, kadrovski i drugi poslovi. U oblasti komunikacije s okruženjem podrazumevaju se: procesiranje zahteva korisnika za održavanjem, spoljašnji transport. Svaki od izabranih upravljačkih procesa, koje će izvršavati konkretni SOd, mora imati odgovarajuću informacionu osnovu u odgovarajućim nosiocima informacija.

Raspodelom resursa i nadležnosti se stvara osnova za kreiranje varijanti organizacionog struktuiranja. Izbor tipa organizacione strukture, u suštini, znači izbor načina i mesta odlučivanja i puteva komuniciranja u sistemu. Od toga direktno zavisi brzina prenosa i gubitak, odnosno stepen "iskorišćenja i iskrivljenja" informacija. Takođe, tip organizacione strukture utiče i na obim i strukturu znanja koja su potrebna članovima uprave da bi uspešno obavili svoj deo zadatka. Osobine tipa izabrane strukture delovaće povratno na ponašanje ljudi u organizaciji. Elementi organizacije moraju među sobom postići potreban stepen integracije kako bi uspešno odgovorili zahtevima okruženja. Veze među elementima organizacije po svojoj suštini predstavljaju kanale komunikacije, u širem smislu, kojima se ostvaruje protok informacija, ljudi, sredstava za rad, predmeta rada i novca. Jedan prikaz više tipova organizacionih-upravljačkih struktura pogodan za modeliranje prikazan je na sl.6. Prikaz je načinjen uz korišćenje prednosti koje omogućava korišćenje Jermakowiczeve tipologije organizacionih struktura.



Slika 6. Presek A-A za više tipova upravljačke strukture

Iskustvo je pokazalo da je gotovo nemoguće razdvojiti informacione tokove od ostalih tokova u SOd. U slučaju SOd, kao sistema u kome je tip proizvodnje prvenstveno pojedinačni i maloserijski, zahtevi za održavanjem predstavljaju generatore ostalih materijalnih, kadrovskih i novanih tokova.

Varijante organizacione strukture mogu biti kreirane kao varijante makrostrukture (strukturiranje organizacionih jedinica, stratifikacija organizacionih jedinica prema nivoima upravljanja, integracija ili dezintegracija pojedinih organizacionih celina, broj nivoa podrške itd.) i/ili kao varijantna rešenja tipa strukture (npr. linijska, funkcionalna, matrična itd.) prema strukturi nadležnosti u odlučivanju.

Sam proces generisanja odgovarajućih varijantnih rešenja na tehnološkom i organizacionom planu predstavlja zadatak koji zahteva maksimum kreativnosti projekatana sistema. Svaka generisana varijanta organizacionog strukturiranja treba da sadrži: broj organizacionih jedinica, strukturu organizacionih jedinica - po radnim mestima, raspored organizacionih jedinica u prostoru, ovlašćenja za izvršenje pojedinih zadataka (nadležnosti), pripadnost organizacionih jedinica karakterističnim nivoima održavanja, pravila međusobnog komuniciranja.

Projektovanje organizacione strukture se ne može odvojiti od projektovanja informacionih sistema (IS). Efikasnost upravljanja se može izjednačiti sa efikasnošću IS pa je, prema tome, organizovanost procesa obrade i prenosa informacija, praktično, mera organizovanosti (direktno

utiče na veličinu administrativnog vremena zastoja i veličinu "upravljačkog" aparata). Za kreiranje adekvatne arhitekture mreža kanala komunikacije među radnim mestima u organizacionoj strukturi, potrebno je izvršiti AIP i analizu nosilaca informacija (zasnovanu na BSP ili nekoj drugoj uobičajenoj metodi radi eliminacije pojave dupliranja i nekonzistentnosti).

U svakom od upravljačkih radnih mesta (elemenata upravljačke strukture) stiče se više komunikacionih kanala, pa ona predstavljaju komunikaciona čvorišta. Osnovni zadatak svakog čvorišta komunikacija jeste izvršenje dodeljenih procesa pretvaranja informacija u odluke i odluka u akcije u skladu s dodeljenim nadležnostima. Za taj zadatak potrebni su odgovarajući resursi. Sinhronizovanje dejstava svih elemenata upravljačke strukture u procesu odlučivanja, koje podrazumeva usklađenost, poštovanje prioriteta i optimalno vreme trajanja pojedinih faza, čini osnovni zadatak upravljanja (tehnologije odlučivanja). Svako komunikaciono čvorište se zato može opisati: a) procesorom, b) resursom i c) jedinicom. Ukoliko se na već izneto doda i poznat stav o tome da je neka informacija aktuelna samo izvesno vreme, odnosno da za njenu obradu postoji izvestan interval strpljivosti, onda se može zaključiti da bi se organizaciona struktura mogla projektovati na osnovu već iznetih principa tehnološkog projektovanja, gde su informacije bile karakteristični TZ. Međutim, ne može se govoriti o TE u smislu u kojem se taj pojam u dosadašnjem izlaganju koristio. Element upravljačke strukture se, pored osobina koje ima i svaki drugi TE, odlikuje misaonim procesom, pravilima i metodama za donošenje odluke, mogućim improvizacijama, motivacijom, odnosom prema naučnim i tehničkim dostignućima, međuljudskim odnosima i odnosima moći. Zbog toga će se, u daljem izlaganju, element upravljačke strukture - radno mesto, odrediti pojmom elementa tehnologije odlučivanja (ETO). Različite tehnološke različitih I izvršilaca i prenos info

Za projektovani ETO izdvajaju se sledeća važna svojstva u pogledu intenziteta opterećenja: 1) broj informacija pristiglih u jedinici vremena i 2) kojim procesima pripadaju te informacije. Informacije se mogu analizirati i po drugim osnovama: u odnosu na korisnika, u odnosu na TZ ako su vezane za ove, tj. nisu čisto upravljačke itd.

Drugo važno pitanje organizacionog projektovanja jeste pitanje informaciono-komunikacionog podsistema, odnosno tehnologije komuniciranja. Neke faktore komunikacija koji se modeluju su: komunikaciona tehnologija, značajnost poruka, istinitost, ometanje, gubitak informacija itd. Poslovanje svakog ETO je više ili manje zavisno od poslovanja ostalih. To praktično znači da svaki od njih može predstavljati usko organizaciono grlo. Dimenzionisanje ETO treba vršiti prema opterećenju obradom informacija.

Takozvane organizacione tabele pokazale su se veoma primenljive u slučaju da je potrebno izvršiti povezivanje mesta u upravljačkoj strukturi sa informacionim tokovima determinisanim strukturom nadležnosti i ovlašćenja. Organizacione tabele u suštini predstavljaju matrice s dimenzijama, radno mesto u organizacionoj strukturi – proces, ili funkcija (dokument). Na sl.7 dat je stvarni primer organizacione tabele za linijsko-štabni tip organizacije (sl.4.) za jednu karakterističnu makroorganizacionu strukturu. Kolone tabele predstavljaju procese ili funkcije (dokumente), a redovi radna mesta u organizacionoj strukturi. Brojevi u ćelijama tabele znače redosled kojim se odvija proces u strukturi (1 - generiše). Primenom ovakvog karakterističnog rešenja uspelo se u modeliranju pojava o svojstvima rekurzije, konkurentnosti i paralelnih procesa što dosadašnjim "alatima" i tehnikama nije bilo moguće.

Svako radno mesto ima karakteristične informacione ulaze i izlaze. Ono može biti prosti transmitter ili mesto određenih procesa-procedura odlučivanja. Ukoliko se na

STV REDOSLED, SEKVENCA

STVARNI PRIMER

VARIJANTA 1. – OSNOVNA VARIJANTA – SADASNJA MAKROORGANIZACIONA STRUKTURA I LINJSKO-STAB

NAMV OBJEKTA/PORUKE	TE	II	IIa	II	IOK	B	R1	R2	R3	R4	OK 1	OK 1a	OK 2	OK 3	OK 4	TI 1	TI 2	TI 3	TI 4	TI 5	DIE 1	DIE 2	DIE 3	VV OK	VV N	VV NI	VV B	VV B1	VV BN	E
KORISNICI - bataljon	1										2																			
KOMANDA BATALJONA	2	3	4,8				3					9,13	22,2	22,2	3						4,8	3	4,8							
UPRAVNI ORGAN POZADINE LOGISTIKE U BATALJONU	3	2	5,7				2					5	10,1	24	23,2	2					5,7	2	5,7							
UPRAVNI ORGAN ODRZAVANJA BATALJONU	4	1	6									5	11	27	24	1					6	1	6							
UPRAVNI ORGAN SNADEVANJA BATALJONU																														
KOMANDA LOGISTICKE JEDNICE U BATALJONU			3									3	27	28	27	4					3	3								
KOMANDA JEDNICE ZA ODRZAVANJE U BATALJONU			2				5					2	15	29	28	5	2	2	2		2									
RESURSI BATALJONU	ZA	1														6	1	3	1		1									
RESURSI ODRZAVANJE BATALJONU	ZA	1					6					1	1	16	30	29	3	1												
REZERVE R/D BATALJONU																														
KOMANDA BRIGADE	4,8	9,13	4,8	4			3					4,8	18,2	17,2						9	4	9,13	4	5	4	5	4	5	5	
UPRAVNI ORGAN	5,7	10,1	5,7	5			2					5,7	19,2	18,2						10	5	10,1	5	2,4	5,7	2,4	5,7	2,4	2,4	

PARALELNI
PROCESI

Slika 7. Primer tabele organizacije

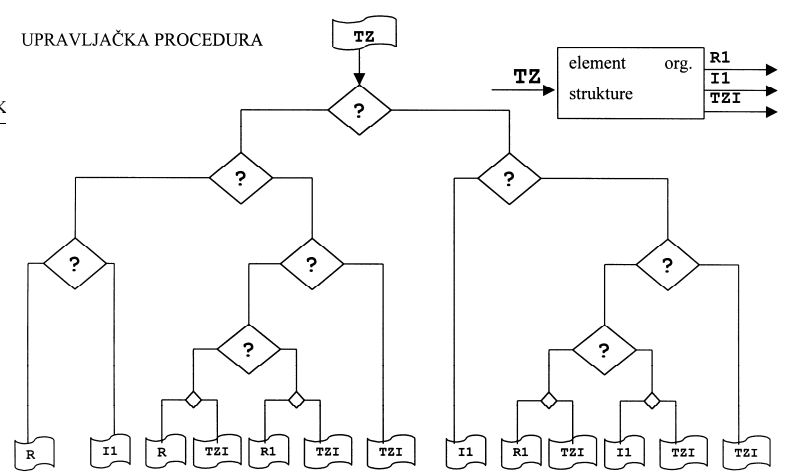
Upravljačka procedura se odvija u nekoliko koraka: 1) rangiranje zahteva; 2) agregacija i fragmentacija zahteva; 3) sprežanje tehnoloških elemenata i zahteva.

Organizacione tabele se izrađuju u onoliko varijanti koliko varijanti organizacionih struktura i podela rada definiše projektant organizacione strukture. Pri generisanju ovih tabela treba imati u vidu da svaki ETO ima tri "dimenzije": a) proces, b) nadležnost i v) mesto u hijerarhijskoj strukturi. Slični rezultati, ali ne u celini, mogu se postići korišćenjem tzv. dijagrama aktivnosti definisanih IDEFO standardima koje podržavaju programski paketi ERWIN i BPWIN koji su upravo i namenjeni za poslove vezane za reinženjering procesa.

Simulacija složenih sistema pruža informacije o promenljivim veličinama u sistemu, nivou njihove značajnosti i vezama među elementima sistema u toku odvijanja procesa. Ona omogućava i analizu novih i nepoznatih situacija u kojima se sistem može zadesiti i time omogućava indentifikaciju potencijalnih problemskih tačaka. Simulacijom se: 1) iz apstraktnih modela-pravila i opisa izvode njihove konkretne manifestacije; 2) mogu utvrditi veze između različitih merljivih veličina kojima se manifestuje spoljašnje-kumulativno, sinergetsko, ponašanje sistema; 3) obezbeđuje konkretna pre-dstava formalnih pravila u procesu donošenja odluke - ilustracija načina razmišljanja.

Za očekivati je da će se efekti određenih faktora uticaja jasnije manifestovati kod "velikih" SOD i da su oni stoga povoljniji za istraživanje u vidu objekta za ovakav eksperiment. Međutim, merenje efekata je kod ovakvih sistema daleko teže. Zbog karakteristike SOD da se većina procesa koji se u njemu odigravaju može opisati slučajnim promenljivima, da ih često karakteriše nestacionarnost, veliki broj limitirajućih faktora, a da treba uzavavati specifična upravljačka rešenja, najbolji način za projektovanje SOD, i u tom sklopu i za potrebna izučavanja (kvantifikacije), je primena metoda matematičkog modeliranja i simulacije. Da bi se sagledala ukupnost pojedinih efekata, mora se karakteristični SOD posmatrati kao celina. Kao najbolji način za projektovanje SOD, i u tom sklopu dimensionisanje ETO, TZ i TE, pokazala se primena metoda matematičkog modeliranja i simulacije. Ako se želi projektovanje i tehnološkog i upravljačkog dela SOD, onda se mora karakteristični SOD posmatrati kao celina. Njegov model u tom slučaju mora obuhvatiti sve karakteristične tokove (ljudi, TE, TZ, materijala, r/d, informacija, novca, ...). Modeliranje i simulacija se vrše za sve kombinacije tehnoloških i organizacionih varijanti SOD. Kreirana varijantna rešenja SOD zajedno sa sistemom kriterijuma čine specifičan eksperimentalni okvir. Kvantifikacija pokazatelja uspešnosti se zato, kao i poređenje varijantnih rešenja među sobom, prvenstveno zasniva na metodologiji modeliranja i simulacije kao, u ovom slučaju, najpogodnijih kvantitativnih metoda. Ovaj postupak predstavlja vrhunac i kraj kvantitativnog dela

postupka projektovanja/reprojektovanja. Simulaciju modularnih, hijerarhijski uređenih modela najbolje je sprovesti korišćenjem metodologije objektno orijentisanih softvera, kao što je na primer ona opisana u [19,20]. Jedan od rezultata ovakvog postupka je specifična biblioteka objekta koji se mogu ponovo koristiti u postupcima modelovanja i simulacije sličnih sistema, što upravo



Slika 8.

omogućava korišćenje objektno orijentisanih simulacionih softverskih jezika.

Da bi se došlo do konačnog tehnološkog i organizaciono upravljačkog rešenja, potrebno je izvršiti kompleksnu analizu varijantnih rešenja prema zadovoljenju kriterijuma i pokazatelja uspešnosti. Izborom najboljeg među ponudjenim varijantnim rešenjima završava se postupak projektovanja sistema održavanja.

Zaključak

Određivanje uticaja promene relevantnih ulaznih veličina na izlazne rezultate funkcionisanja, odnosno na pokazatelje uspešnosti razmatranog sistema ima teoretski i praktični značaj. Teoretski značaj se ogleda u kvantifikaciji uticaja pojedinih faktora-pro-menljivih, utvrđivanju njihove značajnosti, pravca delovanja i utvrđivanju oblika i karakteristika međuzavisnosti s pokazateljima uspešnosti. Praktični značaj ima utvrđivanje spektra osetljivosti izlaznih rezultata na promenu ulaza, jer utvrđivanje činjenice da mala promena ulaza izaziva "burmu" 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, projektanti-ma i istraživačima SOD olakšao posao oko: spoznaje kvantitativnih pokazatelja na osnovu kojih će se odabrati koja je varijanta-pravac usavršavanja-razvoja najbolja i izbora redosleda koraka usavršavanja sistema ili istraživanja, gledano u odnosu na specifičan sistem 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.

Dalje istraživanje treba da omogući određivanje oblika i parametara zavisnosti pokazatelja uspešnosti funkcionisanja od razmatranih uticajnih faktora. Takođe, istraživanje treba da omogući sagledavanje oblika promene pokazatelja uspešnosti funkcionisanja u širokom rasponu ulaznih veličina uticajnih faktora kako bi se mogle utvrditi određene tendencije. Jedan od rezultata istraživanja bi trebao da bude i određivanje vrednosti karakterističnih veličina ili njihovih raspona što bi moglo poslužiti, kao osnova, za ubrazavanje i olakšavanje procesa odlučivanja.

Literatura

- [1] KILLBREW,R. *Learning from War Games: a Status Report*. Parameters, US Army War College Quarterly, 1998, pp.122-135.

- [2] VOLKSWAGEN. *Priručnik Servisne organizacije*. Export izdanje, 1998.
- [3] NAIM,M.M., LEWIS,J.C. Benchmarking of aftermarket supply chains. *Production planing & control*, 1996, vol.6., no.3., pp.258-269.
- [4] BRDAREVIĆ,S. *Uspešnost održavanja*, OMO, Beograd, 1988.
- [5] MIŠKOVIĆ,V., STANOJEVIĆ,P. Kriterijumi za ocenu varijantnih rešenja organizacije logističke podrške - pozadinskog obezbeđenja. *Vojnotehnički glasnik*, Beograd, 2001, pp.22-36.
- [6] STANOJEVIĆ,P., ILIĆ,S. Model ocene uspešnosti sistema održavanja. *Vojnotehnički glasnik*, Beograd. – vol.XLV, no.1/1997, pp.23-36.
- [7] STANOJEVIĆ,P. *Uticao tehničkih faktora na organizacionu strukturu sistema održavanja*. Doktorska disertacija, Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, 1997.
- [8] Grupa autora; *PROJEKAT: Primena logističkog pristupa u organizovanju Vojske Jugoslavije*. Projektni materijali, Beograd, 1998-2000.
- [9] EVANS,G.N., TOWILL,D.R., NAIM,M.M. Business process re-engineering the supply chain. *Production planing & control*, 1995, vol.6., no.3., pp.227-237.
- [10] HAMMER,M., CHAMPY,J. *Re-engineering The Corporation: A Manifesto for Business Revolution*. Nicholas Brealey publishing, London, 1993
- [11] WOODWARD,J. *Industrial Organisation - Theory and Practice*. Oxford University Press, Amen House, London E.C.4., 1965.
- [12] BURLAT,P., CAMPAGNE,J.P., NEUBERT,G. *Modeling organizational structure: a new challenge for simulation*. EUROSIM '98, Simulation Congres, Helsinki, 1998.
- [13] CROSTACH,H.A., BECKER,M., SALL,M. *Process Networks engineering: control-loop-based modeling of decentralized factories*. EUROSIM '98, Simulation Congres, Helsinki, 1998.
- [14] SALVENDY,G. *Handbook of Industrial Engineering*. A. Wiley-Interscience Publication, 1982.
- [15] DAVENPORT,T.H. *Process Innovation: Re-engineering Work Through Information Technology*, Harvard Business School Press, 1993.
- [16] HARRINGTON,H.J. *Business Process Improvement, The Breakthrough Strategy for Total Quality, Productivity and Competitiveness*, McGraw-Hill, New York, 1991.
- [17] STANOJEVIĆ,P., MISOVIĆ,V., BUKVIĆ,V. *Maintenance Systems Organizational Structure Designing Methodology based on Modeling and Simulation*. ESM'2000, Simulation Congres, Ghent, 2000.
- [18] MINTZBERG,H. *The Structuring of Organizations. A Syntesis of the Research*. New York, Prentice-Hall, Inc. Engelwood Cliffs, 1979.
- [19] VUKIĆEVIĆ,S. *Skladišta*. Preving, Beograd, 1995.
- [20] FISHWICK PAUL,A. An Integrated Approach to System Modeling Using a Synthesis of Artificial Intelligence, Software Engineering and Simulation Methodologies. *ACM TOMACS*, October 1992, vol.2, no.4, pp.307-330.
- [21] FISHWICK PAUL,A., BERNARD,P., ZEIGLER. A Mutimodel Methodology for Qualitative Model Engineering. *ACM TOMACS*, January 1992, vol.2, no.1, pp.52-81.
- [22] CONGER,S. *The New Software Engineering*. Woodsworth Publishing Company, International Tomson Publishing, 1994.

Rad primljen: 27.3.2002.god.

Determination of the maintenance system influencing factors based on modeling and simulation

There are numerous factors of influence on performance of maintenance systems. In this paper they are identified and its influence is measured by strength, way and its form on the performance parameters in two real multilevel maintenance systems. Influencing factors determination and investigation of its strength, way and form can have application in the cost/benefit analysis for all kinds of investment. The results could eliminate some costly investigations or reduce them in time by indicating 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 effort (payable). A schedule of improvement steps can also be made. Complexity, stochastic and unstationary process characters and a large number of influencing factors make modeling and simulation a basis of investigation methodology tools. It is described in detail.

Key words: maintenance system, influencing factors, modeling, simulation.

Approche de la quantification des facteurs déterminant le système d'entretien

Les facteurs déterminant les performances des systèmes d'entretien sont nombreux. Cet article les identifie et mesure leur puissance, leur manière et leur forme chez deux systèmes d'entretien à plusieurs niveaux. La détermination et l'investigation de ces facteurs peuvent être appliquées dans l'analyse coût-bénéfice pour tous les types d'investissements. A cause de facteurs nombreux, leur complexité et leur caractère stochastique et non-stationnaire, la modélisation et la simulation sont traitées comme les procédés d'investigation principaux et décrites en détail.

Mots-clés: système d'entretien, facteurs déterminants, modélisation, simulation.

