

Dr Vasilije Mišković,
pukovnik, dipl. inž.
Vojna akademija VJ, Odsek logistike,
Beograd
Dr Siniša Borović,
general-potpukovnik u
penziji
redovni profesor, dipl. inž.

STATISTIČKI MODELI PROGNOZIRANJA POTRAŽNJE REZERVNIH DELOVA

UDC: 62-7.001.26 : 519.22

Rezime:

Potražnja i obezbeđenje rezervnih delova predstavlja jedan od ključnih faktora uspešnosti sistema održavanja, a zavisi od mogućnosti prognoziranja potražnje. Postoji više grupa modela prognoziranja potražnje, a jednu čini grupa statističkih modela. U ovom radu prikazana su dva statistička modela, jedan kada ne postoje podaci o potražnji rezervnih delova u prošlosti i jedan kada ti podaci postoje. Jedan model je eksperimentalno primenjen i na osnovu dobijenih efekata može se zaključiti da daje veoma dobre rezultate.

Ključne reči: rezervni deo, potražnja, model, prognoza.

STATISTICAL MODELS OF SPARE PART REQUIREMENT PREDICTION

Summary:

Spare part supply is one of the key parts of effective system maintenance. A successful spare part providing depends on the possibility to predict requirements. There are several kinds of prediction models and the statistical one is one of them. In this article we present two statistical models. One model is applicable if there is no data about spare part requirements in the past. Another model is used if such data exists. The first model was experimentally verified and, considering the experimental results, we can conclude that the proposed model gives very good results.

Key words: spare part, requirement, model, prediction.

Uvod

Dobro organizovan, funkcionalan i uspešan sistem snabdevanja rezervnim delovima predstavlja jedan od osnovnih faktora preduslova za uspešan i efikasan rad sistema održavanja. Pored toga što je nezamisliva realizacija održavanja u tehnološkom smislu, bez određenog asortima-

na i količine rezervnih delova, i u logističkom smislu postojanje određenih zaliha rezervnih delova u sistemu održavanja predstavlja jedan od osnovnih faktora njegove uspešnosti. Uticaj zaliha rezervnih delova na uspešnost održavanja može da se ispolji na dva načina. Prvi način je da ako nema rezervnog dela nema ni realizacije održavanja, odnosno neposto-

janje rezervnog dela za sredstvo u otkazu blokira rad sistema za održavanje. Drugi način ispoljavanja uticaja je čekanje na rezervni deo, što znatno produžava logističko vreme održavanja, a samim tim i ukupno vreme održavanja, odnosno, što se tiče samog sredstva, povećava se vreme u otkazu. Znači, postojanje potrebnog asortimana i količine rezervnih delova znatno utiče, a ponekad i presudno, na uspešno funkcionisanje sistema održavanja. Radi toga je veoma važno da se unapred, ukoliko je to moguće, obezbedi potreban asortiman i količina rezervnih delova.

U sistemu snabdevanja rezervnim delovima uvek se nameće nekoliko osnovnih, u suštini oprečnih problema. Prvi problem predstavlja asortiman rezervnih delova neophodnih za uspešno funkcionisanje sistema održavanja i kako ga odrediti. Drugi problem je koliko rezervnih delova, po količini i asortimanu, treba obezbediti da bi sistem održavanja sa zadovoljavajućom verovatnoćom bio podržan. Treći problem je kako smanjiti troškove rezervi rezervnih delova. Uočljivo je da će verovatnoća zadovoljenja potreba da raste sa povećanjem asortimana i količine rezervnih delova, ali je isto tako jasno da će se u tom slučaju povećavati i troškovi.

Rešavanje ovog problema zasniva se na primeni različitih metoda i modela upravljanja zalihama, koji omogućavaju da se dobiju optimalne vrednosti potrebnog nivoa zaliha, veličine narudžbe, ciklusa naručivanja, itd., ali i načina funkcionisanja sistema, odnosno politike ili strategije upravljanja zalihama. To znači da postoje metode i modeli pomoću kojih je moguće ne samo odrediti optimalne

vrednosti različitih parametara u sistemu, nego i jasno definisati politiku ili strategiju operativnog upravljanja zalihama.

Izbor i primena metoda za optimizaciju parametara i promenljivih u sistemu zaliha i modela za odlučivanje i upravljanje zalihama, najprimerenijih posmatranom sistemu, neće dati posebno dobre rezultate, ukoliko ulazne veličine nisu dobro određene. U slučaju snabdevanja rezervnim delovima, osnovnu ulaznu veličinu predstavlja potražnja rezervnih delova. Ako se zna da bez poznavanja „slike“ potražnje rezervnih delova nije moguće izvršiti ni izbor metoda i modela upravljanja zalihama, tada ova saznanja još više dobijaju na značaju.

Poznavanje potražnje rezervnih delova, radi primene u metodama i modelima upravljanja zalihama, uvek je orijentisano ka budućnosti. Poznavanje budućih stanja zasniva se na predviđanju – prognoziranju, a od uspešnosti prognoziranja zavisi mera tačnosti ulaznih veličina za odlučivanje i upravljanje. Postoje različite metode i modeli prognoziranja. U ovom radu je prikazana primena statističkih metoda za prognoziranje potražnje rezervnih delova. Primena statističkih metoda za prognoziranje potražnje rezervnih delova prikazana je više sa stanovišta praktične primene nego sa teorijskog aspekta.

Prikazana su dva statistička modela za prognoziranje, koji mogu praktično da se koriste i za rešavanje nekih drugih klasa vojnih problema, kada se radi o kvantitativnoj prognozi. Statistički modeli imaju široku primenu, tako da je veoma teško unapred navesti za koje sve klase vojnih problema mogu biti primenjeni. Zbog toga se ostavlja da svako ko rešava

konkretan problem prepozna da li su ovi modeli i metode primereni klasi rešava-nog problema.

Osnovni pojmovi o naučnom prognoziranju

Naučno prognoziranje jedan je od osnovnih ciljeva naučnog istraživanja. Prognoziranje razvoja, pojava i procesa jedna je od osnova neophodnih za uspešno i pravovremeno odlučivanje.

Specifičnost naučnog prognoziranja je u tome što je okrenuto ka budućnosti. Budućnost je uvek povezana sa elementima neodređenosti i neizvesnosti, koji ne dozvoljavaju da se tačno „pogodi“ buduća situacija. Osnovni zadatak naučnog prognoziranja predstavlja raspoznavanje tendencije i logike razvoja prognoziranog procesa ili pojave, što omogućuje, u konačnom bilansu, da se smanji negativan uticaj neodređenosti i neizvesnosti neke buduće situacije na rezultate donetih odluka.

Razvoj operacionih istraživanja, i drugih metoda za optimizaciju i podršku odlučivanju, omogućava da se izaberu optimalne varijante odluka. Međutim, ma koliko metode koje pomažu u donošenju odluka, bile dobre, one će biti od male koristi ako se koriste netačni ulazni podaci. Zadatak naučnog prognoziranja jeste da se donosiocima odluke obezbedi tačnija, pouzdanija i preciznija informacija. Na taj način harmonično povezivanje savremenih metoda za optimizaciju, pomoć u odlučivanju i upravljanju, sa metodama i modelima naučnog prognoziranja i njihova primena, uz iskustvo i umešnost vojnih stručnjaka, omogućava efikasno rešavanje složenih vojnih zada-

taka. Radi toga je neophodno definisati pojedine termine, uslovno, jer kod nas još ne postoji jasno definisana terminologija.

Prognoziranje – istraživački proces na osnovu čijeg rezultata se dobijaju mogući podaci o budućem stanju prognozi-ranog objekta.

Prognoza – konačni rezultat prognoziranja.

Sistem prognoziranja – sistem koji sadrži matematičke, logičke i heurističke elemente, na čiji ulaz dolazi, do vremena u kojem se vrši prognoza, postojeća informacija o prognoziranom objektu, a na izlazu se daju podaci o budućem stanju tog objekta.

Po svom sadržaju prognoze mogu biti kvalitativne i kvantitativne. Kvalitativne se mogu dobiti logičkim rasuđivanjem i kvantitativnom prognozom procesa i pojava, koji utiču na prognozirani proces. Kvantitativna prognoza je povezana sa verovatnoćom sa kojom će nastati neko zbivanje u budućnosti, i sa nekim količinskim karakteristikama tog zbivanja (matematičkim očekivanjem, disperzijom, itd.). Pri kvantitativnom prognoziranju razlikuju se tačkaste i intervalne prognoze. Tačkaste prognoze podrazumevaju ocenu matematičkog očekivanja prognoziranog parametra u zadatom budućem trenutku. Intervalna prognoza određuje razmere oblasti u kojoj će se sa zadatom verovatnoćom naći vrednost prognoziranog procesa.

Interval posmatranja – odsečak vremena, i (ili) granice promena drugih nezavisno promenljivih, u kojem postoje podaci o ponašanju prognozirane veličine pre sadašnjeg trenutka.

Interval preticanja – odsečak vremena od trenutka stvaranja prognoze do budućeg trenutka za koji se radi prognoza.

Vreme prognoziranja – trenutak u budućnosti za koji se radi prognoza.

U zavisnosti od intervala preticanja, prognoze mogu biti kratkoročne, srednjoročne i dugoročne. Koje prognoze pripadaju nekoj od ovih klasa zavisi od trajanja samog procesa za koji se pravi prognoza.

Modeli vojnog prognoziranja mogu se klasifikovati po različitim obeležjima, a u zavisnosti od vrste prognoziranog objekta mogu biti: modeli procesa oružane borbe, modeli logističke podrške, modeli funkcionisanja tehničkih sredstava, modeli razvoja proizvodnje, ekonomski modeli, demografski modeli, socijalni modeli, modeli političke situacije, itd. U zavisnosti od karaktera toka prognoziranog procesa modeli se mogu klasifikovati na modele evolutivnog i modele revolucionarnog razvoja, kao i modele koji uključuju i jedan i drugi razvoj. Oni se, takođe, klasifikuju po načinu njihovog opisa – opisni (književni) i matematički modeli. Prema matematičkom opisu modeli mogu biti analitički, numerički, simulacioni ili kombinovani, a u zavisnosti od prisustva neodređenosti dele se na determinističke ili stohastičke. Postoje i klasifikacije modela prema drugim obeležjima.

Metode prognoziranja su heurističke, matematičke, metode fizičkog modelovanja i kombinovane metode.

Heurističko prognoziranje vezuje se za eksperte, a u vojsci se koristi za ocenu borbene situacije, razmatranje taktike dejstva sopstvenih i protivničkih snaga, prognoziranje namera protivnika, analizu

plana operacije, donošenje odluke za plan dejstva, itd.

Metod fizičkog modelovanja obuhvata razne vežbe jedinica, ispitivanja naoružanja i vojne tehnike, itd.

Matematičke metode prognoziranja imaju svoje etape u primeni, a to su:

- izbor (ili) građenje modela prognoziranog procesa;

- proračun (eksperimenti na modelu) istraživanog procesa za zadati trenutak u budućnosti;

- analiza rezultata prognoziranja i ocena tačnosti dobijenih rezultata.

Matematičke metode dele se na metode modelovanja i metode ekstrapolacije (statističke metode).

Kombinovane metode podrazumevaju primenu svih navedenih metoda, i pri rešavanju kompleksnih zadataka najčešće se primenjuju. Jasno je da je pri rešavanju problema povezanih sa opštevojnom situacijom nezaobilazna logička analiza pri prognoziranju.

Opis problema

Problem primene statističkih metoda za prognoziranje potražnje rezervnih delova ima različita ishodišta i različite oblike. Najpre, postavlja se pitanje mere uredenosti sistema zaliha za koji se vrši prognoziranje. Uredenost sistema može se posmatrati prema postojećim podacima o funkcionisanju sistema u prošlosti na osnovu kojih se može prognozirati funkcionisanje u budućnosti. Postojanje takvih podataka omogućava razvoj novih ili primenu postojećih modela prognoze koji imaju relativno veliku pouzdanost i preciznost. Međutim, i kada takvi podaci

ne postoje (nisu prikupljeni) to ne znači da prognoza nije potrebna ili da se prognoziranje ne vrši, ali svakako da je preciznost i pouzdanost prognoze znatno manja nego u prethodnom slučaju. To znači da prvi problem može biti postojanje podataka (kao i njihova ažurnost i tačnost) o funkcionisanju sistema (posmatrane pojave, procesa i sl.) u prošlosti.

Drugi problem predstavlja složenost razvoja posmatrane pojave ili procesa. Pojava ili proces čiji se razvoj prognozira (u konkretnom slučaju potražnja rezervnih delova) može da bude manje ili više složena; moguće je postojanje opšte tendencije razvoja, postojanje cikličnih sezonskih i slučajnih kolebanja. U zavisnosti od složenosti razvoja zavisi i složenost samog modela i metode prognoziranja koja se primenjuje.

Rezervni delovi su po asortimanu izuzetno brojni, tako da relativno složene sredstvo poseduje oko 5000 stavki sastavnih delova. Sastavni delovi imaju različite intenzitete otkaza, tako da praktično svaka stavka ima svoju sliku potražnje. Obrada ovalikog broja podataka i prognoza potražnje za svaku stavku posebno na prvi pogled predstavlja nepremostiv problem.

Razmatrani problem je relativno složen, ali se primenom navedenih modela i metoda za njegovo rešavanje ostvaruju značajni efekti.

Model prognoze u relativno uređenim sistemima

Pod relativno uređenim sistemima, u ovom radu, podrazumevaju se oni sistemi kod kojih postoje podaci o posma-

tranoj pojavi i njenom razvoju u prošlosti. Njihovo postojanje omogućava da se razviju novi ili primene postojeći modeli prognoze koji imaju relativno veliku preciznost i pouzdanost. Poznavanje velikog broja relevantnih faktora omogućava dobijanje prognoze relativno velike pouzdanosti i preciznosti, ali istovremeno uzimanje u obzir velikog broja ovih faktora na posmatranu pojavu (u ovom slučaju potražnju rezervnih delova) zahteva i primenu složenog matematičkog aparata.

Potražnja rezervnih delova može se posmatrati kao vremenska (dinamička) serija, jer se formira pod uticajem različitih dugotrajnih i kratkotrajnih faktora i različitih slučajnih uticaja. Veoma retko se dešava da se srednje karakteristike potražnje ne menjaju u vremenu. Naime, one se uglavnom menjaju zbog promene uticaja pomenutih faktora i slučajnih uticaja. Posmatranjem potražnje rezervnih delova kao vremenske serije, omogućava se primena statističkih metoda za analizu i prognozu vremenskih serija. Vremenske serije se najčešće razmatraju kao složene pojave koje su sastavljene od četiri komponente:

- osnovne tendencije razvoja pojave;
- cikličnih kolebanja;
- sezonskih kolebanja;
- slučajnih kolebanja.

Osnovna tendencija razvoja pojave izražava se funkcijom i kao takva se naziva trend, a pod osnovnom tendencijom razvoja pojave podrazumeva se njena dugotrajna evolucija. Ciklična kolebanja obuhvataju dugotrajne uticaje koji se ponavljaju, a sezonska kolebanja obuhvataju kratkotrajne uticaje na pojavu koji se ponavljaju (najčešće zavise od vremena u kojem se pojava odvija, po čemu su i do-

Izbor krive rasta prema izmeni pokazatelja zasnovanih na srednjem priraštaju

Pokazatelj	Karakter izmene pokazatelja u vremenu	Tip rasta krive	
\hat{u}_t	približno jednaki	prava	$y_t = a_0 + a_1 t$
\hat{u}_t	linearno se menjaju	parabola	$y_t = a_0 + a_1 t + a_2 t^2$
$\hat{u}_t^{(2)}$	linearno se menjaju	parabola	$y_t = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + a_3 t^3$
\hat{u}_t / \hat{y}_t	približno jednaki	eksponencijalna	$y_t = ab^t$
\hat{u}_t / \hat{y}_t	linearno se menjaju	logaritamska parabola	$y_t = ab^t (c^t)^2$
$\log \hat{u}_t$	linearno se menjaju	modifikovana eksponencijalna	$y_t = k + ab^t$
$\log \hat{u}_t / \hat{y}_t$	linearno se menjaju	kriva Gomperca	$y_t = k(a^b)^t$
$\log \hat{u}_t / \hat{y}_t^2$	linearno se menjaju	logistička kriva	$y_t = k / (1 + be^{-at})$

bila naziv sezonska). Slučajna kolebanja obuhvataju uticaje koji nemaju jasno izraženu zavisnost od nekih faktora. Sva ova kolebanja često su veoma izražena, tako da otežavaju uočavanje osnovne tendencije razvoja pojave.

Analiza i prognoza razvoja vremenske serije obuhvata primenu niza metoda i postupaka radi dobijanja prognozirane vrednosti. Prognoza može da bude tačkasta ili intervalna: tačkasta prognoza podrazumeva određivanje jedne vrednosti koju pojava može da poprими u vremenu za koje se prognoza vrši, a intervalna prognoza obuhvata interval u kojem se vrednost prognozirane pojave može naći i povezana je sa verovatnoćom da se vrednost prognozirane pojave nađe upravo na tom intervalu.

Analiza i prognoza razvoja vremenske serije obuhvata primenu sledećih metoda i postupaka:

- proveru hipoteze o postojanju tendencije;
- izbor krive rasta;
- određivanje parametara krive rasta;
- ekstrapolaciju trenda.

Ovi postupci u ovom radu samo su naznačeni, jer su standardni slučajevi dobro opisani u najširoj literaturi iz ovog područja.

Za proveru hipoteze o postojanju tendencije najčešće se koriste metoda provere razlike srednjih nivoa i metoda Forestera–Stjuarta.

Metoda provere razlike srednjih nivoa sastoji se u tome da se vremenska serija podeli na dva dela, tako da se nivoi svakog od njih razmatraju kao dva uzorka. Nakon toga izračunavaju se srednji nivoi svakog od ovih delova i proverava razlika nivoa, odnosno utvrđuje se da li postoji ili ne signifikantna razlika između srednjih nivoa prvog i drugog dela vremenske serije. Hipoteza o značajnoj razlici izvodi se testom t-Studenta.

Prva navedena metoda ne daje uvek pouzdane rezultate, dok je metoda Forestera–Stjuarta pouzdana i jednostavna, a jedan broj autora preporučuje upravo njenu primenu. Nakon utvrđivanja postojanja tendencije razvoja pojave, neophodno je izabrati krivu rasta.

Izbor krive rasta predstavlja verovatno ključni element u celom postupku, jer su greške pri izboru najkrupnije greške u metodologiji statističkog prognoziiranja. Krivom rasta iskazuje se (opisuje) zakonitost razvoja pojave u vremenu. Za izbor krive rasta moguća je primena metode zasnovane na karakteristikama priraštaja, a sastoji se od tri koraka: izravna-

Model prognoze u relativno neuređenim sistemima

Period	Prognozirana vrednost	Stvarna vrednost	Prognozirana vrednost za naredni period
1	-	x_1	$y_2 = x_1$
2	y_2	x_2	$y_3 = (y_2 + x_2)/2$
3	y_3	x_3	$y_4 = (y_3 + x_3)/2$
4	y_4	x_4	$y_5 = (y_4 + x_4)/2$
...
i	y_i	x_i	$y_{i+1} = (y_i + x_i)/2$
...
n	y_n	x_n	$y_{n+1} = (y_n + x_n)/2$

vanja vremenske serije, određivanja srednjih priraštaja i određivanja niza izvedenih osobina priraštaja.

Različita kolebanja često su veoma izražena, tako da otežavaju uočavanje osnovne tendencije razvoja pojave, što uslovljava nužnost eliminacije tih kolebanja, odnosno primene postupka izravnavanja vremenske serije, a može se obaviti pomoću više metoda:

- izravnavanjem vremenske serije pomoću pokretnih sredina;
- adaptivnim pokretnim sredinama;
- eksponencijalnim srednjim vrednostima dinamičke serije.

Smanjenje uticaja cikličnih i sezonskih kolebanja omogućava lakše uočavanje tipa krive koja izražava osnovnu tendenciju razvoja pojave. Postoji više metoda za izbor krive razvoja pojave ili procesa. Uglavnom, preporučuje se da se postupak izbora krive rasta započne vizuelnom metodom, čime se znatno sužava izbor moguće krive. Međutim, ova metoda je prilično nepouzdana, pa se u opštem slučaju preporučuje metoda zasnovana na karakteristikama priraštaja, koja se može primeniti i u drugom koraku. Ova metoda se izvodi u tri etape:

- izravnavanjem vremenske serije,
- određivanjem srednjih priraštaja,
- određivanjem niza izvedenih osobina priraštaja.

U zavisnosti od karaktera izmene pokazatelja zasnovanih na srednjem priraštaju, vrši se izbor krive koja najviše odgovara dobijenim podacima.

U tabeli 1 data je preporuka za izbor krive rasta prema izmeni pokazatelja zasnovanih na srednjem priraštaju [2].

Metoda ocene parametara krive rasta zavisi od izabrane krive rasta. Najčešće se primenjuju metoda najmanjih kvadrata, metoda tri sume i metoda tri tačke, ali se sve češće primenjuju iterativne metode, čiju je praktičnu primenu omogućio razvoj računarske tehnike. Dobijanjem krive rasta, odnosno funkcije rasta, određena je teorijska vrednost pojave u vremenu. Ovu vrednost nužno je korigovati indeksima sezonskog i cikličnog odstupanja - kolebanja.

Najčešće primenjivana metoda prognoze je metoda ekstrapolacije trenda, koja daje tačkaste prognoze. Verovatnoća da će pojava u budućnosti poprimiti baš tu vrednost teži nuli. Pored toga, potrebno je znati da trend u svakom momentu karakteriše neki srednji nivo vremenske serije, a da u budućnosti treba očekivati variranje vrednosti oko trenda. Zbog toga je važno da se odredi interval vrednosti u kojem će se sa određenom verovatnoćom vrednosti posmatrane pojave nalaziti u budućnosti.

Sve metode prognoze imaju nedostatke i ograničenu primenu. Pre svega,

izbor krive kojom se opisuje osnovna tendencija razvoja pojave (trend) sadrži relativno značajnu dozu subjektivizma. Ne postoji čvrsta osnova za tvrdnju da je izabrana kriva najbolji opis trenda ili bar da je jedino moguće, a naročito ne za tvrdnju da je to najbolja kriva za ekstrapolaciju trenda. Mogući su slučajevi kada je oblik krive izabran pogrešno. Tada izabrana kriva tendenciju razvoja pojave karakteriše samo za period koji je obuhvaćen posmatranjem. Ekstrapolacija takvog trenda dovodi do grešaka koje se ne mogu unapred oceniti. Pored toga, potrebno je naglasiti da se metoda ekstrapolacije trenda zasniva na pretpostavkama da razvoj pojave sa dovoljno osnova može da se okarakteriše trendom, i da opšti uslovi koji su postojali u razvoju pojave u prošlosti u budućnosti neće pretrpeti značajne promene.

Model prognoze u relativno neuređenim sistemima

Relativno neuređenim sistemima smatraju se oni kod kojih ne postoje podaci o posmatranoj pojavi i njenom razvoju u prošlosti. I pored toga što navedeni podaci ne postoje, postoji potreba za prognozom potražnje rezervnih delova radi donošenja odluka i upravljanja zalihama. To se, prevashodno, odnosi na period prelaska iz stanja neuređenog u stanje uređenog sistema. U ovom slučaju prognoza ima ograničen karakter. Naime, može se vršiti prognoziranje za duži period, jer se prognoza svodi samo na navedeni relevantni interval.

Model prognoze u relativno neuređenim sistemima, koji je vrlo jednostavan, prikazan je u tabeli 2. Model ne uzima u obzir složenost razvoja pojave, jer

ona nije ni poznata. Kao što se vidi, od momenta početka praćenja pojave i formiranja prognoze, na prognozu više utiču noviji podaci, a što su stariji imaju manji uticaj. Ovaj model prognoze ima relativno spor odziv na promene, što znači da je pogodniji za prognozu pojava koje imaju stabilniji razvoj. Kao veoma jednostavan, sigurno je da model ne uzima u obzir mnogo faktora, i da postoji veliki broj primedbi koje mu se mogu uputiti.

Međutim, kako praktično na početku prognoziranja ne postoje nikakvi podaci o pojavi, to se ovaj model svrstava u retke koji se mogu primeniti u ovako nametnutim uslovima. Sistem u kojem ne postoji praćenje stanja sigurno je neuređen i po većini drugih elemenata, a ne samo u vezi sa praćenjem stanja, pa se moglo očekivati da primena ovog modela daje određene efekte.

Ovaj model prognoze potražnje rezervnih delova je eksperimentalno primenjen u kombinaciji sa isto tako jednostavnim modelom upravljanja zalihama u priručnom skladištu rezervnih delova jedne radionice, u periodu od dve godine. Primena modela omogućila je da se vrednost zaliha (novčani iznos) smanji za oko 60% u odnosu na početno stanje, a istovremeno da se koeficijent snabdevenosti poveća dva puta. Ovaj primer pokazuje da su efekti primene na neuređenim sistemima veći nego što se moglo očekivati.

Problemi primene prikazanih modela

Osnovni problem primene prikazanih modela jeste u tome što svaki rezervni deo ima svoj intenzitet otkaza, odnosno da je za svaki deo potrebno sprovesti

kompletan postupak. Ako je broj sastavnih delova prosečno složenog sredstva, kao što je već navedeno oko 5000, a uz postojanje velikog broja sredstava, sprovođenje postupka prognoze ekstrapolacijom trenda bio bi praktično neizvodljiv i uz primenu najsavremenije informatičke tehnologije. Primena drugog modela, koji je relativno jednostavan, uz primenu računarske tehnike, nema nekih posebnih ograničenja, ali su i rezultati neprecizni i nepouzdan. Ovaj model je primenljiv prvenstveno u neuređenim sistemima.

Međutim, analiza pokazuje da u većini slučajeva od 80 do 90% sastavnih delova sredstva u VJ ima duži vek trajanja od samog sredstva, odnosno da u toku životnog veka sredstva ovi sastavni delovi uopšte ne otkazuju, a da 10 do 15% sastavnih delova ima samo retke slučajne otkaze (postoptimalna analiza normativa rezervnih delova), odnosno otkazi su slučajnog karaktera.

Preostaje da se ovaj postupak primeni na 2 do 4% sastavnih delova po sredstvu, što ne predstavlja veliki problem uz automatizaciju postupka. Određivanje rezervnih delova na koje treba primeniti postupak ekstrapolacije trenda moguće je pomoću drugog modela. Sprovođenjem postupka po drugom modelu za postojeće podatke dobija se prognoza. Za one rezervne delove za koje prognoza u dužem vremenskom periodu teži nuli, nema potrebe vršiti prognozu ekstrapolacijom trenda, pa ni prognozu uopšte.

Zaključak

Prognoza potražnje rezervnih delova obavlja se neprestano u svim skladiš-

tima, radionicama i na svim nivoima snabdevanja. Bez prognoze potražnje nije moguće vršiti bilo kakvo planiranje ni odlučivanje, jer predstavlja ulazni podatak za određivanje nivoa zaliha, veličine narudžbe, ciklusa naručivanja, itd. Pitanje koje se postavlja jeste – kolika je pouzdanost i preciznost prognoze i kakvi su efekti. Prognoziranje „po osećaju“ nije za odbacivanje, ukoliko ne postoji ništa bolje, ali se u tom slučaju mora prihvatiti da postoji mnogo promašaja koji izazivaju bespotrebno nagomilavanje nekih rezervnih delova, a istovremeno i hroničnu nestašicu drugih rezervnih delova. To znatno povećava troškove, a ne omogućava zadovoljavajuću snabdevenost rezervnim delovima.

Ponudeni modeli su primenljivi, drugi prikazani model je čak i eksperimentalno proveren i dobijeni su veoma dobri rezultati. Pored prikazanih, postoje i drugi modeli i metode za prognozu potražnje rezervnih delova, a njihova valjanost uvek može da se oceni. Sigurno je da su jedni modeli bolji od drugih u primeni u konkretnim slučajevima, ali je sigurno i to da je primena bilo kojih verifikovanih metoda i modela bolja od prepuštanja sistema stihijskom funkcionisanju.

Literatura:

- [1] Vukadinović, S.: Elementi teorije verovatnoće i matematičke statistike, Privredni pregled, Beograd, 1981.
- [2] Vukadinović, S., Popović, J., Teodorović, D.: Zbirka rešenih zadataka iz matematičke statistike, Saobraćajni fakultet, Beograd, 1981.
- [3] Paket rezervni delovi, KTOB, VVTS KoV JNA, Zagreb, 1988.
- [4] Čujev, J. V., Mihajlov, J. B.: Prognoziranje u vojsci (prevod sa ruskog), VIZ, Beograd, 1980.