Vladimir Bukvić,
kapetan, dipl. inž.
Mr Petar Stanojević,
kapetan, dipl. inž.

MOGUĆNOSTI METODOLOGIJE PLANIRANJA KAPACITETA U ODRŽAVANJU

Uvod

Planiranjem u održavanju treba da se ostvari racionalno i ekonomično korišćenje materijalnih, prostornih, kadrovskih, novčanih i vremenskih resursa. Planovi održavanja morali bi biti osnova rada upravnih i izvršnih organa tehničke službe.

Dosadašnjim istraživanjima došlo se do zaključka da postojeća metodologija planiranja održavanja uzrokuje nepotpuno i nerealno planiranje održavanja tehničkih sredstava (TS), neravnomerno opterećenje radne snage u pojedinim periodima, nedovoljnu iskorišćenost raspoloživih kapaciteta, odstupanja od postavljenih planova, otežano praćenje realizacije planova, nepotpuno i neblagovremeno izveštavanje o izvedenim radovima [1].

Analiza problema

Planiranje održavanja određuju:

- vreme raspoloživo za održavanje po nivoima — rokovi,
- vrsta, broj, karakteristike pouzdanosti i pogodnost za održavanje TS,
- uslovi u kojima se odvija eksploatacija i održavanje,
- karakteristike i struktura mogućih vrsta radova po vrsti TS,

— karakteristike tehnološkog procesa za svaku od mogućih vrsta radova,

- ljudski kapaciteti,
- materijalni i prostorni kapaciteti — resursi,
- konkretni planovi upotrebe i obuke jedinica,
- gotovost koju treba obezbediti po vrstama TS,

— stanje i razrađenost tehničke i tehnološke dokumentacije, normativa, metoda i sredstava tehničke dijagnostike,

— predviđene modernizacije i modifikacije TS kao i metoda, postupaka i procedura održavanja.

Osnovni problem planiranja je efikasno usklađivanje potreba (želja) i kapaciteta (mogućnosti).

Za utvrđivanje zahteva prema sistemu održavanja potrebni su podaci o vremenu — poslednjim datumima izvršenja pojedinih radova održavanja, i podaci o nadležnostima po nivoima održavanja.

Prema dosadašnjim istraživanjima pouzdano se može tvrditi da održavanje tehničkih sredstava spada u pojedinačni ili maloserijski tip proizvodnje, čime su, u osnovi, određene karakteristike funkcionisanja i planiranja [2]. Planiranje kod maloserijskog i pojedinačnog tipa proizvodnje ne može se zavr-

šiti izradom godišnjih i mesečnih planova već se mora detaljnije razraditi po manjim terminskim jedinicama i, na taj način, odrediti delovanje svih, pa i najmanjih segmenata organizacije.

— U Vojsci Jugoslavije na naučnoj osnovi, su razrađeni:

— organizaciona struktura sistema održavanja,

— tehnološki postupci održavanja sa težištem na preventivnom,

— kvalifikacija radne snage potrebne za održavanje,

— vremenski i eksploatacioni resursi preventivnog održavanja,

— vremenski i materijalni normativi za preventivno održavanje.

Potpunu naučnu zasnovanost nemaju:

— normativi za korektivno održavanje,

— procenat kapaciteta koji se rezerviše za korektivno održavanje,

— funkcije raspodele verovatnoća otkaza za tehnička sredstva koja se održavaju,

— metodologija utvrđivanja iskorišćenja kapaciteta,

— raspodela nadležnosti za izvođenje pojedinih kategorija radova po nivoima u sistemu održavanja.

Na otklanjanje nedostataka, vezanih za normative korektivnog održavanja, rezervisanje kapaciteta za korektivno održavanje, nepoznavanje funkcije raspodele otkaza za TS koja se održavaju, iskorišćenje postojećih kapaciteta i upravljanje zalihama r/d i p/m, može se efikasno uticati poštovanjem rokova, najboljim prostornim i vremenskim rasporedom aktivnosti, najvećim iskorišćenjem kapaciteta i najmanjim potrebnim zalihama r/d i p/m. To je ostvarljivo primenom dobre metodologije planiranja i informacionim sistemom koji bi takvu metodologiju praktično omogućio, kao i praćenje izvršenja i rezultata.

U Vojsci Jugoslavije na veoma visokom nivou, razrađena je i primenjena naučna metodologija za određivanje resursa potrebnih za održavanje i njihovo globalno organizaciono strukturiranje. Metodologija višekriterijumske analize, teorije pouzdanosti, prognoze vremenskih serija, modeliranja i simulacije daje dobre osnove za analizu determinističko-stohastičkih procesa koji se odvijaju u održavanju i, na osnovu toga, akciju koja ima svoj formalni oblik u perspektivnim planovima razvoja. Kroz perspektivne planove razvoja uobičajavaju se strategijske odluke za period od 3 do 5, pa i više godina unapred. Međutim, već u sledećem koraku kada strategijska, po karakteru optimalna, rešenja treba pretvoriti u optimalno delovanje organizacijskih celina i iskorišćenje ograničenih resursa nastaju poteškoće, jer se na nivou jedinica ne primenjuju naučne metode planiranja. Neprimenjivanju opšte poznatih naučnih metoda (Simplex i mrežno planiranje) nije uzrok neznanje, već nedostatak informatički podržanih »alata« koji bi olakšali izradu i analizu planova.

Poslove tehničko-tehnološke pripreme rada obavljaju posebni organi TS i u VJ, i formulišu ih kroz tehnička pravila, uputstva i formacijsko-konceptijska rešenja.

Zadaci operativne pripreme povećani su načelnicima TS jedinica, koji godišnje i mesečno planiranje obavljaju u saradnji sa komandirima ili tehnolozima u jedinicama za održavanje. Potrebe za održavanjem određuju se kroz godišnje planove (osnovni planovi), čime se zaokružuje celina problema, a zatim razrađuju kroz mesečne planove (operativni planovi). Nedostatak postojećeg pristupa je u nesagledavanju »sezonskih« kolebanja potreba za održavanjem, problematičnoj metodologiji utvrđivanja prioriteta, i u nedovoljnoj razređenosti finog terminiranja, odnosno nedeljnog i dnevnog planiranja, što direktno ima za posledicu umanjenje

efikasnosti izvršenja. Lansiranje radio-ničke dokumentacije, koja je sveobuhvatna i kompleksna (Radionička lista — Radni nalog) i praćenje njenog kretanja, prema iskustvima iz jedinica za srednji remont, stihijno je, jer se ne obavlja i ne kontroliše iz jednog centra, što je uobičajeno u efikasnim upravljačkim sistemima. Fino terminiranje i izveštavanje prepušteno je komandirima odeljenja — poslovođama i u potpunosti zavisi od njihovog znanja, veštine, snalažljivosti, ali i od raspoloženja, motivacije i ličnih interesa. Izuzetno veliki broj i različitost vrsta TS koja se održavaju, različit sadržaj radova koje zahtevaju, iznenadna pojava neispravnosti različitog karaktera, promena prioriteta u održavanju, promene raspoloživih resursa, problemi unutrašnjeg transporta, mogućnost da se veliki broj aktivnosti obavi paralelno i potrebe za kontrolom, veoma komplikuju problem planiranja održavanja u Vojsci Jugoslavije i navode na zaključak da se ono nikako ne bi smelo prepustiti stihiji koju svesno ili nesvesno izazivaju pojedinci, posebno kod finog terminiranja.

Planiranje se mora završiti razradom finog terminskog plana, odnosno detaljnim planom operacija za pojedina radna mesta, sa definisanim redosledom smenjivanja radnih naloga na radnim mestima po terminima (danima i satima), što je kraj, svrha i vrhunac planiranja. Zbog toga operativno-planski organi moraju postati »centralni nervni sistem održavanja« [6]. Koristeći uspešnu metodologiju i informacionu podršku, oni treba u potpunosti da prisvoje funkciju planiranja i oslobode komandire odeljenja-poslovođe te obaveze, kako bi se više posvetili kontroli, zaštiti na radu, racionalizaciji, podučavanju i motivisanju radnika i drugim poslovima vezanim za personal. Na ovaj način omogućiće se da radnika na radnom mestu uvek čeka sledeći posao i potreban materijal, dokumentacija i alat, a ne da ga sam ili uz pomoć poslovođe, priprema. Prema izvršenim analizama na ovaj način se

može osloboditi oko 58% radnog vremena poslovođa [6].

Operativno-planski organi, morali bi da obavljaju sledeće aktivnosti: planiranje poslova, planiranje i vođenje evidencije slobodnih i zauzetih kapaciteta; planiranje i vođenje evidencije alata, mašina i opreme; planiranje, evidenciju i kontrolu materijala i zaliha; određivanje početka i završetka radova; izradu i lansiranje radne dokumentacije; evidenciju izvršenja rokova i količina; terminiranje i raspoređivanje rada; otpremanje remontovanih TS; analize korišćenja kapaciteta; usmeravanje tokova alata, materijala, radne snage i unutrašnji transport, studiju vremena i pokreta; nabavku (postavljanje zahteva za nabavku); kontrolu; inženjering za metode-analize operacije; kalkulacije, procene i predviđanja; radne instrukcije; kontrolu kvaliteta i količine dolaznih materijala; snabdevanje radnih mesta [6]. Operativno-planskim organima u potpunosti je povereno upravljanje izvršenjem radova na održavanju TS, i to im treba omogućiti.

U dosadašnjim istraživanjima u Vojsci Jugoslavije iskazane su potrebe za:

- posedovanjem potpunih, kvalitetnih i pravovremenih informacija potrebnih za planiranje procesa održavanja,

- primenu jedinstvene metodologije u procesu planiranja održavanja TS,

- automatizaciju procesa planiranja održavanja. Takođe, potrebno je automatizovati proces planiranja do mere koja učesnicima u procesu planiranja daje mogućnost za generisanje alternativa planova u skladu sa zahtevima okruženja i mogućnostima sistema održavanja [1]. Za potkrepljivanje ove tvrdnje posebno je ilustrativan podatak da čovek nije sposoban da planira i prati izvršenje više od 200 radnih naloga mesečno [7].

Za planiranje i praćenje izvršenja velikog broja radnih naloga nije dovoljno koristiti postojeće softverske pake-te, već samo one koji imaju mogućnost kvalitativne ocene moguće planske varijante i optimizacije budućih procesa. Prema iskustvima iz jedinica koje iz-vode srednji remont u miru, mesečno se otvori oko 200 radioničkih lista. Sli-čna situacija je bila i u jedinicama teh-ničkog održavanja za vreme izvođenja borbenih dejstava.

Metodologija planiranja

Upravljanje proizvodnjom, kao ki-bernetskim sistemom, sastoji se od fa-za grubog planiranja, finog planiranja — terminiranja, i dirigovanja proizvod-njom [14].

Grubo planiranje obuhvata poslove planiranja kapaciteta, pripreme tehni-čko-tehnološke dokumentacije, plani-ranja i disponiranja materijala, i kon-trole narudžbi ili serija [14].

Fino planiranje je usklađivanje po-četnih i završnih termina radnih nalo-ga montaže i proizvodnje poluproizvo-da i operacija, sa početnim i završnim terminima proizvoda određenih grubim planiranjem [14]. Za ovu aktivnost ko-riste se tehnike uzastopnog, paralel-nog i kombinovanog terminiranja, a kod serijske proizvodnje rednog ter-miniranja.

Dirigovanje proizvodnjom ima za-datak da prikupi terminirane radne na-loge na jednom mestu, podeli operaci-je tih naloga prema njihovom redosle-du po radnim mestima, prenese potre-bne proizvodne informacije do radnih mesta, prikupi povratne informacije sa radnih mesta i prenese ih do određene tačke u upravljačkom sistemu [14].

Poslovi održavanja imaju svoju de-terminističku komponentu — preven-tivne radove održavanja, i stohastičku — korektivne radove. Preventivno o-državanje moguće je predvideti kroz godišnje planove i grubo planiranje. Za

korektivne radove potrebno je rezervi-sati određene kapacitete, a njihovo iz-vođenje planirati preko mesečnih — operativnih i nedeljnih-dnevni (finih terminskih) planova. Na nivou jedinice za održavanje takođe je potrebno us-kladiti izvođenje preventivnih i korek-tivnih radova preko mesečnih i finih terminskih planova, tako da se radovi obave sa najvećom efektivnošću, uz o-graničenja koja nameće plan upotrebe i obuke jedinica i rokovi izvršenja. Pod radom na održavanju podrazumeva se jedna od mogućih kategorija koju tre-ba izvesti na nekom TS (npr. tehnički pregled vozila), a sastoji se od više ope-racija koje se izvođe po radnim mesti-ma i pokreću se i opisuju radnim nalo-gom — radioničkom listom. Optimiza-ciju broja i vrste poslova u okviru go-dišnjeg plana održavanja treba izvršiti metodom simplex [3, 4, 5, 6].

Opis navedenih faza upravljanja proizvodnjom daje lepezu tehnika koje se mogu upotrebiti u operativnom pla-niranju, s posebnim naglaskom na teh-nike mrežnog planiranja, kao najpo-godnije. Primera za primenu ove teh-nike u planiranju kapaciteta pomoću transplana, ima dosta ali se ne navodi kako doći do optimalnog opterećenja kapaciteta, tj. algoritma [7, 10].

Opis toka izvršenja radova održa-vanja treba, u prvom koraku, razložiti do nivoa operacija čija se vremena mo-gu izraziti satima i minutima. Na taj način može se stvoriti osnova za ope-rativno-mesečno planiranje i fino ter-miniranje. Potrebno je naći najbolji na-čin za predstavljanje, praćenje i izmene toka izvršenja operacija u okviru pla-niranog posla. Smatra se da najveće mogućnosti za rešavanje ovog proble-ma nudi metoda PERT mrežnog plani-ranja [3, 4, 5, 6, 7, 10, 12].

Prednosti metode PERT su [7]:

— mogućnost opisivanja i predvi-đanja toka izvršenja posla preko ope-racija-aktivnosti-događaja njihovih vre-mena i troškova,

— mogućnost predviđanja krajnjeg roka izvršenja pojedinih aktivnosti i celokupnog posla,

— lako određivanje kritičnih aktivnosti,

— lako uočavanje aktivnosti čijim se skraćivanjem postiže smanjenje vremena trajanja posla,

— mogućnost da se praćenjem aktivnosti dobiju podaci o odstupanju od planiranog vremena i očekivanim zakašnjenjima,

— mogućnost analize ostvarenih zakašnjenja, izmena u planu i novih predviđanja korišćenjem optimističke ili pesimističke metode.

Za procese koji se odvijaju u održavanju posebno je pogodna mogućnost da se trajanje aktivnosti odredi metodom PERT preko optimističkog, najverovatnijeg i pesimističkog vremena trajanja. Karakteristike korektivnih akcija su, ponekad, teško predvidive i često nenormirane, a postoje organizacijska i druga ograničenja čiji je uticaj na izvršenje posla teško odrediti, posebno u borbenim dejstvima. Veoma je značajno da se u okviru opisa toka izvršenja predvide i aktivnosti vezane za pripremo-završne, kontrolne i transportne radnje i vreme eventualnog međuoperacijskog skladištenja, a ne samo aktivnosti vezane za direktni rad-operacije na TS, jer se samo na taj način može dobiti realna slika. Nedostaci metode PERT, danas su, uglavnom, prevaziđeni savremenim softverskim alatima.

U drugom koraku potrebno je mnoštvo aktivnosti, i u okviru njih — operacija (može ih biti i više hiljada), opisanih PERT mrežnim dijagramima, rasporediti prostorno i vremenski, jer se najčešće preklapaju, tako da se postigne zadovoljenje traženih rokova, a da se pri tom ne izađe iz okvira ograničenih kapaciteta radne snage, sredstava za rad i prostora. U okolnostima u kojima svoju ciljnu funkciju ostvaruje sistem održavanja, nemoguće je sa sigurnošću predvideti sva zbivanja u dužem vremenskom razdoblju, zbog čega po-

stupak terminiranja poprima karakteristike prognoziranja [10]. U takvoj situaciji nameće se, kao jedino rešenje učestalo ponavljanje procesa terminiranja.

Problem može, realno posmatrano, prevazići mogućnosti planera i klasičnih planskih metoda i pomagala. To je posebno izraženo kada se mora postići:

— maksimalno skraćanje ciklusa održavanja,

— pridržavanje rokova po metodi »just in time«,

— smanjenje vremena transporta i drugih zastoja na minimum,

— ravnomerno opterećenje radnih mesta,

— eventualno smanjenje broja radnih mesta ili izvršilaca u procesu izvršenja,

— minimiziranje potrebnih zaliha,

— usklađivanje plana sa trenutno raspoloživim alatom i materijalom,

— izrada varijanti plana po zadatim kriterijumima,

— što niži troškovi, skraćanje koeficijenta obrta i vremena vezivanja sredstava.

Kao poseban problem javlja se mogućnost optimizacije i ocenjivanja rezultata planiranja.

Treći korak ovog procesa ima za cilj praćenje izvršenja plana, izradu izveštaja sa ukazivanjem na mogućnosti otklanjanja odstupanja, i ažuriranje promena što, takođe, svojom složenošću prevazilazi ljudske mogućnosti zbog velikog obima i učestalosti. Ovim korakom omogućava se zatvaranje »kibernetkog kruga — ciklusa«.

U vezi opisanog problema mora se navesti obim posla i podataka koji se, u svakom trenutku, moraju obraditi, i nedostatak dovoljno fleksibilnog i efikasnog alata za rešavanje ovih problema, što su prepreke mnogim planerima. Sistemi planiranja bi trebalo da imaju mogućnost da se specifikuju želje (u obliku vremenskih termina i sl.), i mogućnost provere koliko se koja od ras-

položivih varijanti najbolje uklapa u želje, odnosno potrebe [15]. Ostaje pitanje u kom obliku izraziti želje i na koji način prikazati varijante tako da se mogu efikasno proveriti. Predlaže se simulacija, kao »sporiji ali sigurniji« (»slow but sure«) pristup ovim problemima, što se ilustruje sledećim primerom:

Radionica održava četiri tehnička sredstva A, B, C i D, koja se redom održavaju na četiri radna mesta 1, 2, 3 i 4, što je šematski prikazano na sl. 1.

Sl. 1 — Redosled rada na radnim mestima

Vremena obrade po radnim mestima prikazana su u tabeli 1.

Tabela 1

Vreme održavanja na pojedinim radnim mestima

Radna mesta	TMS			
	A	B	C	D
1	8	1	4	5
2	5	4	2	4
3	8	1	5	3
4	1	6	4	4
Ukupno vreme održavanja	22	12	15	16

Struktura TMS sastoji se od 10% TMS tipa A, 20% TMS tipa B, 29% TMS tipa C i 41% TMS tipa D.

Cene održavanja su A — 40 nj, B — 15 nj, C — 30 nj i D — 10 nj.

U toku simulacije generisana je tabela 2.

Tabela 2

Struktura TMS generisana za simulaciju

Red. br. posla	Tip TMS	Rok isporuke	Ispor. dana	Ranije (—)	Kasnije (—)
1.	D	70			
2.	C	124			
3.	D	49			
4.	B	39			
5.	C	61			
6.	D	130			
7.	C	130			
8.	B	54			
9.	D	126			
10.	B	31			
11.	B	99			
12.	B	41			
13.	A	100			
14.	A	67			
15.	C	100			
16.	D	112			
17.	D	39			
18.	C	77			
19.	D	106			
20.	D	105			
21.	C	128			
22.	C	47			
23.	D	42			
24.	D	111			
25.	C	90			
26.	C	70			
27.	D	76			
28.	A	83			
29.	D	34			
30.	B	123			
31.	C	78			
32.	D	100			
33.	A	51			
34.	C	123			
35.	B	37			

Simulacija je, u osnovi, metoda »pokušaja i pogrešaka«. Prioriteti po kojima poslovi dolaze na red za održavanje su:

1. najmanji redni broj posla prvo;
2. najkraće vreme održavanja prvo;
3. najveći profit po poslu prvo;
4. najveći profit po satu zauzetosti radnih mesta;
5. najraniji rok isporuke prvo.

Za svaku varijantu meri se: broj završenih poslova, broj poslova u radu, broj poslova koji čekaju na početak, profit nakon završetka trajanja simu-

Osnovne tehnike simulacija su:

- skeniranje događaja,
- skeniranje aktivnosti,
- skeniranje procesa.

Najuspešnija tehnika simulacije je takozvana simulacija u tri faze, kojom se na najbolji način ostvaruje odnos između broja entiteta i broja testiranja u toku sprovođenja simulacije. Naime, skeniranje događaja iziskuje veliki broj testiranja od kojih je samo mali broj aktivan u određenom trenutku. Ovaj postupak na najbolji način ostvaruje kombinaciju kompleksnosti programa i njegove efikasnosti. Zbog

Tabela 3

Rezultati simulacije po kriterijumima

	Redni broj	Najkraća operacija	Najveći profit po poslu	Najveći profit po vremenu rada na radnom mestu	Najraniji rok ispor.
Broj završenih poslova	25.	26	17	19	24
Broj poslova u toku	3.	6	13	11	4
Poslovi koji čekaju na početak	7.	3	5	5	7
Ukupan profit po obavljenim poslovima u n.j.	495.	485	520	550	530
Granice; ranije i kasnije završeni poslovi (vidi sl. 2.)	—100. do +70.	—55 do +40	—54 do +79	—73 do +77	—19 do +20

liranja, rasturanje ranije završenih i poslova koji su kasnili.

Sumarna statistika prikazana je za različite varijante prioriteta u tabeli 3 i na sl. 2.

Proces simulacije zahteva dobro definisan model, za šta postoje razrađeni postupci i grafičke metode prikazivanja, kakav je dijagram ciklusa aktivnosti, koji omogućava jednostavno definisanje modela.

toga je poznat kao postupak kojim je ostvarena automatizacija poslova kreiranja simulacionog modela.

Skeniranje primenjuju i metode veštačke inteligencije, u kojima se vrši pretraživanje činjenica (facts) i pravila (rules) zapisanih simbolički.

Prostor stanja je simbolički opis problemske situacije. Grafički se prikazuje čvorovima i lukovima kojima su čvorovi povezani, pri čemu čvorovi u

prostoru stanja predstavljaju odgovarajuću situaciju, a lukovi odgovaraju primenljivoj akciji na određenu situaciju (čvor).

»najbolji prvo« je varijanta strategije »prvo po širini« i naziva se heurističkim pretraživanjem. Upravo heurističko pretraživanje predstavlja oblast

Sl. 2 — Distribucija realizovanih održavanja TMS

Konkretan problem definiše se:

- prostorom stanja,
- početnim čvorom,
- ciljnim čvorom (čvorovima) koji zadovoljava željene uslove.

Strategija pretraživanja

Postoji mnogo strategija pretraživanja od kojih su »prvo po širini« i »prvo po dubini« osnovne. Strategija

velikog interesovanja istraživača koji se bave problemima planiranja.

U tom procesu se za svaki čvor u prostoru stanja uvodi funkcija f kojom se ocenjuje — vrednuje, njihova težina. Funkcijom f se meri »udaljenost« početnog čvora od ciljnog, ako put prolazi kroz čvor za koji se traži vrednost ove funkcije. Ako iz čvora za koji se traži vrednost funkcije f izlazi više lukova onda on ima više naslednika. Od svih naslednika bira se onaj

čiji luk ima najmanju vrednost funkcije f . Prema tome, ne pretražuju se svi naslednici već samo kandidat koji u trenutku pretraživanja ima najmanju vrednost funkcije »udaljenosti«, početnog čvora od cilja. Funkcija »udaljenosti« sastoji se od dva dela $f(n) = g(n) + h(n)$. Prvi deo predstavlja »dužinu« od početnog čvora do trenutno aktuelnog za koju se izračunava vrednost $g(n)$, a drugi deo procenu »udaljenosti« aktuelnog čvora do ciljnog $h(n)$. Zbog ove procene strategija se naziva heurističkom, a ključ je uspešnosti i efikasnosti algoritma. Koliko je procena bliža stvarnoj vrednosti toliko će pretraživanje biti efikasnije. Granični slučaj, kada je ova funkcija jednaka 0, svodi ovaj algoritam na strategiju »prvo po širini«.

Pretraživanje se sastoji od niza procesa koji se nadmeću, a svaki proces razvija sopstvenu granu pretraživanja. Među konkurentskim procesima uvek je aktivan samo jedan, i to onaj čija varijanta najviše obećava, tj. ima najmanju vrednost funkcije »udaljenosti« f . Pretraživanje se vrši prelaskom sa jednog na naredno stanje, pri čemu se menja vrednost funkcije f , sve dok neka druga varijanta, — grana, ne postane atraktivnija. Mehanizam aktiviranja i deaktiviranja pretraživanja funkcioniše na sledeći način: procesu koji pretražuje varijantu najvišeg prioriteta data je određena kvantitativna vrednost koja je jednaka razlici vrednosti funkcije f trenutno aktivnog procesa i prvog sledećeg sa većom vrednošću ove funkcije. Proces je aktivan dok se data kvantitativna vrednost ne iscrpi. U toku pretraživanja proces širi podgrane i daje informacije kada je ciljni čvor dostignut.

Prezentacija prostora stanja

Niz poslova-zadataka obrade $t_1, t_2, \dots$ sa vremenima izvršavanja $D_1, D_2, \dots$ treba da se izvrše na m identičnih mašina. Svaki zadatak obrade može se iz-

vršiti na bilo kojoj mašini, ali svaka mašina u jednom trenutku može biti zauzeta samo jednim zadatkom obrade. Među zadacima postoji uslovljenost redosledom da se određeni zadaci moraju izvršiti pre drugih, a postoji mogućnost i da se mašine nađu u stanju čekanja (idle time). Zadatak raspoređivanja sastoji se u tome da se, bez narušavanja pravila o redosledu izvršavanja zadataka obrade, izvrši takvo raspoređivanje da ukupno vreme izvršavanja bude minimalno.

Prezentacija prostora stanja može početi sa praznim rasporedom, a zatim da se dodaje zadatak po zadatak u raspored, sve dok svi ne budu uneti.

Prostor stanja definiše se na sledeći način:

— parcijalni rasporedi su stanja, odnosno čvorovi,

— čvor naslednik jednog parcijalnog rasporeda dobija se tako da se još neraspoređen zadatak doda tom rasporedu, ili da se mašina koja je završila prethodni zadatak ostavi u stanje čekanja,

— početno stanje je prazan raspored,

— bilo koji raspored koji uključuje sve zadatke obrade je ciljni raspored, ciljno stanje,

— »dužina« rešenja koju treba minimizirati je vreme završetka svih zadataka u ciljnom rasporedu,

— cena prelaska iz parcijalnog rasporeda u raspored njegovog naslednika, čija su vremena završetka respektivno F_1 i F_2 , jednaka je razlici $F_2 - F_1$.

Osnovni faktor efikasnosti rešavanja problema jeste heuristika, odnosno znanja o problemu koja se unose u algoritam.

Osim određenih znanja o samom problemu potrebna je validna i konzistentna baza podataka o svim činocima procesa planiranja. Ova baza

predstavlja model realnosti u kojoj se vrši planiranje, a obuhvata spektar podataka o proizvodu, tehnološkom procesu proizvodnje, raspoloživim i opštim mogućnostima kapaciteta, ljudima i kompletnom načinu organizovanja.

Sistem planiranja predstavljao bi nadgradnju informacionom sistemu organizacije. Takvi sistemi nazivaju se sistemima za podršku odlučivanju i primenjuju se sa razrađenom metodologijom modelovanja i razvoja, obuhvatajući sva tri nivoa upravljanja.

Pošto je rešavanje problema planiranja za ove potrebe izuzetno složeno razvijeno je više programskih paketa kao što su: IBM-ov Communications Oriented Production Information and Control System (COPICS), IBM-ov Capacity Loading and Scheduling System, Samson i Hoskyns (V. Britanija), Main (Holandija), OPTIM (Order Point and Inventory Management) proizvođača SPERRY (UNIVAC), domaći ASUPIM i drugi [7]. U okviru programskih paketa organizovane su baze podataka o tehničkim sredstvima — proizvodima, ugovorima, tehnologiji, materijalu, nabavi, kapacitetima, specijalnim alatima, kao i kompleksan i celovit postupak praćenja izvršenja plana i izrade velikog broja različitih izveštaja.

Zbog složenosti problema neki od autora programskih paketa (COPICS — IBM) za njegovo rešavanje predlažu metodu simulacije. Problem se ne može rešavati teorijom redova čekanja zbog različitih stepena hitnosti-prioriteta pojedinih poslova [10].

Većina proizvođača softvera (posebno IBM — COPICS) probleme koji se javljaju pokušala je da reši metodom određivanja prioriteta i terminiranjem unapred, unatrag i kombinovano.

Za određivanje veličine prioriteta svakog posla razrađen je složen sistem za određivanje njegovog mesta sledećim hijerarhijama:

— ciljeva (prema rokovima, dužini trajanja ciklusa, troškovima, opti-

malnom opterećenju radnih mesta i stavovima da korektiva ima prednost nad preventivom i da »viša«-složenija kategorija radova ima prednost nad nižom),

— toka procesa (prema kritičnom putu, težnji da se svaka operacija izvršava na delu koji dolazi s najbliže prethodne operacije odnosno ujednačavanju proizvodnje-održavanja, vremenskim rezervama i stepenu izvršenja, odnosno zakašnjenja),

— tehničkih sredstava odnosno proizvoda (prema važnosti sredstava, važnosti jedinice korisnika, operativne gotovosti, značaju agregata, sklopova i elemenata),

— grupa radnih mesta (prema broju, stepenu iskorišćenja i veličini angažovanja kapaciteta).

Za izračunavanje prioriteta koristi se tzv. dinamički koeficijent i složena metodologija [1, 7, 10]. Na raspolažanju je i algoritam prioriteta sa korisnikovom ocenom hitnosti, stepenom redukovanja međuoperacijskih vremena, zakašnjenjem mreža, postojanjem vremenskih rezervi, uticajem vezanog kapitala i brojem terminiranja [10].

Prioritet uvek mora imati operacija sa kraćim vremenom trajanja. Ukoliko za izvođenje neke operacije nešto nedostaje, automatski joj treba sniziti prioritet.

Nakon određivanja prioriteta potrebno je sprovesti postupak raspoređivanja na sledeći način:

— uzima se prva operacija na poslu najvišeg prioriteta i traži slobodan (po potrebnoj vrsti) kapacitet (radno mesto ili grupa radnih mesta) na koji se može rasporediti, tehnološkim redosledom za sve operacije,

— umanji se raspoloživi kapacitet za vrednost planski utrošenog vremena,

— nakon rasporeda svih operacija na poslu višeg prioriteta uzima se prva operacija na poslu koji ima drugi prioritet, i tako redom.

Raspoređivanje se usklađuje sa ograničenjima koja određuju raspoloživi kapaciteti korišćenjem unapred, unazad i kombinovanog terminiranja, Gray-Kiddovim algoritmom i korišćenjem metode Transplana [7, 10].

Optimizacija i ocenjivanje rezultata postupka planiranja nisu razrađeni u navedenim programskim paketima, sem delimično u domaćem ASU-PIM-u. Nerešen je i problem prilagođavanja univerzalnih »alata« za planiranje specifičnim potrebama korisnika.

Umesto zaključka

Poboljšanje uspešnosti planiranja može se postići razradom kvalitetne metodologije planiranja, kojom bi se omogućila izrada, optimizacija i kvalitativna ocena planskih varijanti uz informatičku podršku.

Ciljevi koji bi se, poboljšanjem uspešnosti planiranja održavanja, mogli postići su:

- skraćivanje ciklusa održavanja (vreme od nastanka potrebe za održavanjem do predaje tehničkog sredstva korisniku,

- pridržavanje rokova u kojima se održavanje mora obaviti,

- minimiziranje i kontrola nedovršenog održavanja,

- minimiziranje čekanja na održavanje,

- optimizacija dolaska tehničkog sredstva na održavanje,

- minimizacija zastoja u procesu održavanja,

- optimalno upravljanje i iskorišćenje ljudskih, vremenskih, materijalnih, prostornih i novčanih resursa,

- poboljšanje uspešnosti funkcionisanja organizacije boljom organizacionom strukturom, definisanom podelom rada i centralizacijom planiranja, uspešnijom koordinacijom, uvećanjem nivoa tehničke i tehnološke discipline, povećavanjem motivacije stvaranjem

poverenja izvršilaca u sposobnost upravljačkih struktura, kvalitetnijim komunikacijama i informacionim sistemom, intenzivnijom kontrolom i obrazovanjem kadra.

Na taj način, operativno-planskim organima bi se omogućila potpuna kontrola nad:

- planiranjem održavanja,
- terminiranjem održavanja,
- planiranjem kapaciteta radnih mesta,
- planiranjem materijala i rezervnih delova,
- izradom radne dokumentacije,
- lansiranjem radne dokumentacije,
- raspodelom poslova,
- odvijanjem procesa izvršenja, analizom rezultata i poteškoća,
- mogućnostima izrade različitih statističkih analiza.

Razvojem i korišćenjem računarskog softvera u podršci upravljanju i informacionom sistemu održavanja, mogu se znatno smanjiti zastoji kao i broj izvršilaca u održavanju, a povećati ekonomska efikasnost upravljanja zalihama.

Velike uštede u održavanju kriju se u mogućnosti da izvršioci rade istovremeno na više tehničkih sredstava, jer im tehnologija obavljanja posla to dozvoljava, odnosno da što bolje iskoriste razne neophodne zastoje (npr. rad na narednom sredstvu dok se prethodno suši posle farbanja). Ovakvim pristupom može se povećati produktivnost za 30 do 50% [7].

Prema raspoloživim podacima u uslovima sve većeg relativnog povećanja direktnih troškova materijala dužina proizvodnog ciklusa direktno utiče na angažovana sredstva, što ovom problemu daje mnogo veći značaj u odnosu na rešavanje troškova direktnog rada [11].

Činjenica je da što su veće serije manji su međuoperacijski zastoji i bolje iskorišćenje svih vrsta kapaciteta i da su besmislene uštede u vremenu rada mašina ili radnika, ako to povećava vremena čekanja bez smanjenja troškova [6].

Efekti poboljšanja uspešnosti planiranja održavanja u Vojsci Jugoslavije mogu se pretpostaviti u sledećim granicama:

— povećanja iskorišćenja ljudskih kapaciteta i kapaciteta alata i opreme za 20 do 30%,

— povećanja obuhvata planiranja do 100%,

— veoma visokog procenta ispostovanih rokova,

— znatnog smanjenja vremena održavanja,

— smanjenja zaliha i

— ekstremno velikih povećanja iskorišćenja radioničkog prostora.

Sve to će se odraziti na osetno smanjenje troškova održavanja i omogućiti uklapanje u budžetom predviđene rashode,

Literatura:

- [1] Novak Smiljanić: Planiranje održavanja tehničkih sredstava, magistarski rad, VVTŠ KoV JNA, Zagreb, 1989.
- [2] Woodward Joan: Industrial organization — theory and practice, Oxford University Press, Amen House, London E. C. 4, 1965.
- [3] Muller: Technologische Planung, Band I, Veb Verlag Technik; Berlin, 1977.
- [4] Muller: Technologische Planung, Band II, Veb Verlag Technik; Berlin, 1977.
- [5] Nikolaus Seidel: Praktische Fertigungs Vorbereitung, Verlag Moderne Industrie, 1964.
- [6] Antun Vila, Zdenko Leicher: Planiranje proizvodnje i kontrola rokova, Informator, Zagreb, 1972.
- [7] Niko Majdandžić: Upravljanje proizvodnjom — informacijski sistem planiranja, ISOT, Zagreb, 1988.
- [8] Adamović Zivoslav: Logistički sistem održavanja, Privredni pregled, Beograd, 1989.
- [9] M. Ilić: Korišćenje radnog vremena u industriji, Industrija br. 1, januar-mart 1988.

- [10] Antun Vila i dr.: Modeli planiranja proizvodnje u industriji, Informator, Zagreb, 1982.
- [11] Z. Predić, R. Nikolić: Sistem za praćenje proizvodnje u FTMT DMB, Simpozijum o korišćenju kapaciteta u industriji, Mašinski fakultet, Beograd, 1994.
- [12] Harold B. Majnard: Savremena organizacija proizvodnje, Knjiga I i II, prevod, Privredna knjiga, Beograd, 1980.
- [13] Petković Radivoj i dr.: Organizacija održavanja TMS, CVVTŠ KoV JNA, Zagreb, 1988.
- [14] Jovo M. Todorović: Upravljanje proizvodnjom, teorija, model, primena, informacioni sistemi, Privredni pregled, Beograd, 1989.
- [15] Jan Szymankiewicz i drugi: Solving business problem by simulation, London, 1988.
- [16] G. W. Hintz: A Knowledge-based System for Production Control of Flexible Manufacturing System in Mathematical Model for Decision Support, NATO ASI Series, 1987.
- [17] P. Stanojević, V. Bukvić: Mogućnost poboljšanja metodologije planiranja kapaciteta u održavanju, VTG.