



UNIVERZITET U NIŠU
EKONOMSKI FAKULTET

Časopis "EKONOMSKE TEME"

Godina izlaza XLVIII, br. 4, 2010., str. 515-529

Adresa: Trg kralja Aleksandra Ujedinitelja 11, 18000 Niš

Tel: +381 18 528 601 Fax: +381 18 4523 268

PLANIRANJE ZALIH REPRODUKTIVNOG MATERIJALA S CILJEM DA SE OBEZBEDI KONTINUITET PROCESA PROIZVODNJE

Prof. dr Slavica Cvetković*
Dr Jorda Radosavljević*

***Rezime:** U ovom radu je predstavljen model upravljanja zalihama u okviru konkretnog proizvodnog sistema. Date su teoretske osnove modela razvijene sa aspekta različitih uslova realnog menadžmenta zaliha u okviru lanca snabdevanja. Definisan je G_a i primer određivanja zaliha na realne proizvodne uslove u jednom poslovno proizvodnom sistemu (PPS)[1].*

***Ključne reči:** upravljanje zalihama, lanci snabdevanja, planiranje proizvodnje, genetički algoritam.*

Uvod

Zalihe predstavljaju sirovine, polugotove robe – koje se nazivaju nezavršena proizvodnja, i gotove robe koje jedna organizacija čuva za svoje operativne potrebe. Kao takve, zalihe predstavljaju značajnu investiciju i potencijalni izvor otpada koji treba pažljivo kontrolisati [1]. Proces društvene reprodukcije, posmatran sa makro aspekta, u većini slučajeva ne odvija se kao homogen, neprekidan tok, već u nekim fazama ima nepodudarnosti. Te nepodudarnosti mogu biti:

- Vremenske (intertemporalna),
- Prostorne (interlokalna),
- Kvalitativne,
- Kvantitativne.

* Fakultet tehničkih nauka, Kosovska Mitrovica, E-pošta: smijoc@yahoo.com

UDK 005.932, Pregledni rad

Primljeno: 19.01.2010. Prihvaćeno: 15.11.2010.

Zalihe kao ekonomska kategorija javljaju se na različitim mestima u procesu reprodukcije, u različito vreme, različitim oblicima i u različitoj strukturi. Svaki ovaj pojavni oblik zaliha ima za cilj da pomogne u prebrođavanju navedenih nepodudarnosti. Taj zadatak zalihe u većini slučajeva uspevaju ostvariti, međutim, uspevaju sa dosta oscilacija u efektima. Naime, one su nekada kočnica daljem odvijanju procesa reprodukcije, dok su u većini slučajeva zamajac tom procesu.

Zbog gore navedenih konstatacija, zalihe se mogu definisati na sledeći način: količinu sirovina, rezervnih delova, alata, pribora, uređaja, poluproizvoda i gotovih proizvoda, možemo u opštem slučaju smatrati zalihama [2].

Funkcija i osnovni cilj zaliha jeste da omoguće kontinuirano i racionalno odvijanje ukupnog procesa društvene reprodukcije. Zalihe navedeni cilj ne mogu ostvariti jedino u slučaju da ih na skladištu nema u dovoljnoj meri i potrebnom kvalitetu. Međutim, one postavljene cilj ostvaruju i kada su na skladištu u optimalnim količinama, i kada ih na skladištu ima iznad optimuma.

Zadatak nabavne službe je da nivo zaliha obezbedi u optimalnim količinama sa zadovoljavajućim kvalitetom. Prema tome, nivo zaliha iznad optimuma, kao i nivo zaliha ispod optimuma, neposredno se odražava na kvalitet poslovanja preduzeća.

Sa aspekta marketinga, optimalni nivo zaliha je lakše programirati kod zaliha koje služe kao repromaterijal, nego kod zaliha gotovih proizvoda namenjenih direktno konzumnoj zrelosti. Različit je pristup programiranju navedenih zaliha radi problema planiranja potreba. U procesu proizvodnje sa manje rizika se programiraju potrebe za zalihama, nego te iste potrebe definisati na tržištu. Pored mnoštva faktora koji otežavaju programiranje zaliha gotovih proizvoda, navode se neki od njih: konkurencija, cena, transport, istraživanje tržišta, marketing komunikacije i dr. U trgovinskom preduzeću koje se bavi samo prometom i nema dodatnu delatnost (pakovanje, dorada, obeležavanje itd.), njegove zalihe robe mogu se smatrati kao zalihe gotovih proizvoda.

Na optimalni nivo zaliha, između ostalih, bitno utiču: vrsta proizvodnje i veličina proizvodne serije. Ukoliko je serija veća, tada je cena proizvoda po jedinici manja, ali su troškovi zaliha veći. Svi napred navedeni problemi, i drugi koji nisu navedeni, zahtevaju da se programiranju zaliha priđe kako sa stručne, tako i sa naučne strane. U tom smislu razvijeni su mnogi modeli i metode koji tretiraju ovaj problem.

Planiranje zaliha reproduktivnog materijala s ciljem da se obezbedi kontinuitet procesa proizvodnje

Cilj našeg interesovanja za rešavanje ovog problema je i prikazivanje jednog kvalitativno – kvantitativnog modela pomoću kojeg možemo dosta elegantno doći do optimalnog rešenja. Za kriterijum optimalnosti uzeli smo minimalne ukupne troškove nabavke u unapred definisanom vremenskom intervalu.

2. Upravljanje lancima snabdevanja

Lanac snabdevanja se sastoji od svih faza uključenih, direktno ili indirektno, u ispunjenje zahteva kupca. Lanac snabdevanja ne uključuje samo proizvođače i dobavljače, već i transport, skladišta, prodaju i same kupce. U okviru svake organizacije, kao što je proizvodna, lanac snabdevanja uključuje sve funkcije uključene u ispunjavanju zahteva kupca. Ove funkcije uključuju, ali nisu i ograničene na, razvoj novih proizvoda, marketing, operacije, distribuciju, finansije i usluge kupcima [3,4,7].

Lanac snabdevanja je dinamičan i obuhvata stalne tokove informacija, proizvoda i sredstava između različitih faza. Svaka faza u lancu snabdevanja izvodi različite procese i interaguje sa ostalim fazama lanca snabdevanja.

Tipični lanac snabdevanja može obuhvatati različite faze. Ove faze u lancu snabdevanja uključuju:

- Kupce,
- Maloprodaju,
- Veleprodaju/distribuciju,
- Proizvođače i
- Dobavljače komponenti/sirovog materijala.

Cilj svakog lanca snabdevanja jeste da maksimizira ukupnu generisanu vrednost. Za većinu komercijalnih lanaca snabdevanja, vrednost je u strogoj korelaciji sa *profitabilnošću lanca snabdevanja*, razlikom između prihoda generisanog od strane kupca i ukupnih troškova duž lanca snabdevanja. Za lanac snabdevanja, jedini izvor prihoda je kupac. Uspeh lanca snabdevanja trebalo bi da se meri profitabilnošću lanca snabdevanja, a ne u smislu profita individualnih faza.

2.1 Faze odlučivanja u lancu snabdevanja

Uspešan lanac snabdevanja zahteva više odluka vezanih za tok informacija, proizvoda i sredstava. Ove odluke spadaju u tri kategorije ili faze, u zavisnosti od frekvencije svake odluke i vremenskog okvira na koji odluke imaju uticaja.

2.2 Strategija ili dizajn lanca snabdevanja

Tokom ove faze, preduzeće odlučuje o strukturi lanca snabdevanja. Ono odlučuje kakva će biti konfiguracija lanca snabdevanja i koje procese će izvoditi svaka faza. Odluke donete u ovoj fazi nazivaju se takođe i strateške odluke u lancu snabdevanja. Strateške odluke uključuju lokaciju i kapacitete proizvodnih i skladišnih pogona, proizvode koji će se proizvoditi ili skladištiti na različitim lokacijama, vid transporta koji će se koristiti i vrstu informacionog sistema koji će se koristiti. Preduzeće mora osigurati da konfiguracija lanca snabdevanja podržava strateške ciljeve tokom ove faze.

2.3 Planiranje lanca snabdevanja

Kao rezultat faze planiranja, preduzeća definišu skup operacionih smernica koje upravljaju kratkoročnim operacijama. Konfiguracija lanca snabdevanja, određena u prethodnoj fazi, postavlja ograničenja u okviru kojih planiranje mora da se odvija. Preduzeća počinju planiranje sa predviđanjem za dolazeću godinu tražnje na različitim tržištima. Planiranje obuhvata odluke u pogledu na to koja tržišta će biti snabdevana sa kojih lokacija, ugovore sa proizvođačima, politiku popunjavanja zaliha, politiku koja će biti doneta u pogledu na pomoćne lokacije u slučaju nedostatka zaliha i vreme i obim marketinške promocije. U okviru ove faze, preduzeća moraju uključiti neizvesnu tražnju, kursne stope za razmenu i konkurenciju tokom ovog vremenskog horizonta.

2.4 Operacija lanca snabdevanja

Vremenski horizont je ovde nedeljni ili dnevni, i tokom ove faze preduzeća donose odluke koje se tiču individualnih narudžbina kupaca. Na operacionom nivou, konfiguracija lanca snabdevanja se smatra fiksnom, a smernice planiranja već definisane. Cilj operacija lanca snabdevanja je da se smernice operacija implementiraju na najbolji mogući način. Tokom ove faze, preduzeća raspoređuju individualne narudžbine za proizvodnju ili skladišta, postavljaju rokove za izvršenje narudžbina, generišu listu za preuzimanje u skladištima, raspoređuju narudžbinu za određeni vid transporta, uspostavljaju vremenski raspored rada kamiona i postavljaju narudžbine za popunjavanje. Iz razloga što se operacione odluke donose kratkoročno (minuti, sati ili dani), postoji manja neizvesnost u informacijama o tražnji. Cilj ove faze je da iskoristi smanjenje neizvesnosti i optimizuje performanse u okviru ograničenja uspostavljenih politikama konfiguracije i planiranja.

Konkurentna strategija preduzeća definiše skup potreba kupca koje teži da zadovolji kroz svoje proizvode i usluge. *Strategija lanca snabdevanja*

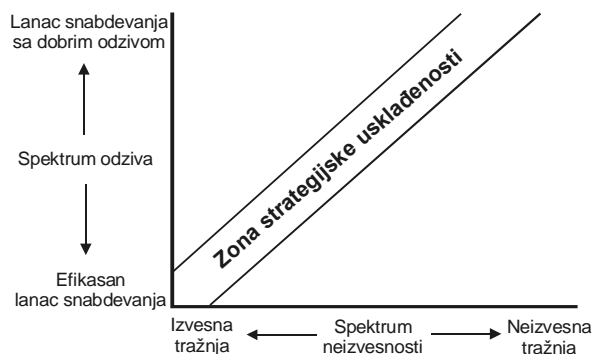
Planiranje zaliha reproduktivnog materijala s ciljem da se obezbedi kontinuitet procesa proizvodnje

određuje prirodu pribavljanja sirovih materijala, transporta materijala do i od preduzeća, proizvodnju proizvoda ili operacije za pružanje usluga i distribuciju proizvoda do kupca, zajedno sa svim pratećim servisima. Odluke u pogledu zaliha, transporta, lokacija i toka informacija u lancu snabdevanja su deo jedinstvene strategije lanca snabdevanja.

Strateška usklađenost znači da konkurentna strategija i strategija lanca snabdevanja imaju isti cilj. To se odnosi na konzistentnost između prioriteta kupaca za koje je konkurentna strategija dizajnirana da zadovolji i mogućnosti lanca snabdevanja koje strategija lanca snabdevanja teži da izgradi. Postoje tri osnovna koraka za postizanje strateške usklađenosti:

1. **Razumevanje kupca.** Prvo, preduzeće mora da razume potrebe kupaca za svaki ciljni segment. Ove potrebe pomažu kompaniji da definiše željene troškove i zahteve za uslugama.
2. **Razumevanje lanca snabdevanja.** Postoji mnogo vrsta lanca snabdevanja, od kojih je svaki dizajniran da izvršava određene zadatke efikasno. Preduzeće mora da razume za šta je najbolje dizajniran svoj lanac snabdevanja.
3. **Postizanje strategijske usklađenosti.** Ako postoje bilo kakve nepodudarnosti između toga šta lanac snabdevanja radi dobro i željenih potreba kupaca, preduzeće će morati ili da restrukturira lanac snabdevanja kako bi podržavao konkurentnu strategiju ili da izmeni svoju strategiju.

Na slici 1, prikazana je zona strategijske usklađenosti.



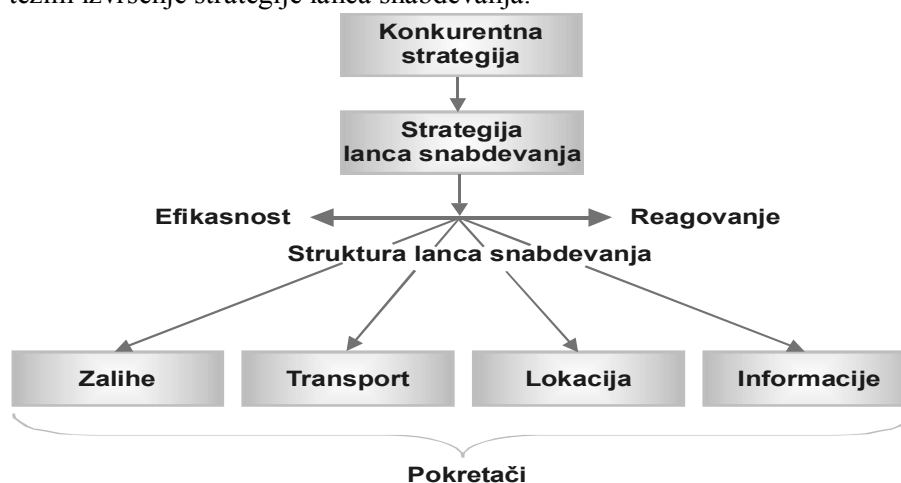
Slika 1 Zona strategijske usklađenosti

Domen strategijske usklađenosti odnosi se na funkcije i faze u okviru lanca snabdevanja koji koordiniraju strategiju i odnose se na zajednički cilj. Kada je domen uzan, individualne funkcije se fokusiraju na optimizaciju sopstvenih performansi zasnovanih na svojim ciljevima.

Ovakva praksa često rezultira konfliktnim akcijama duž lanca snabdevanja, koje smanjuju ukupan doprinos lanca snabdevanja. Kako je domen strateške usklađenosti proširen na čitav lanac snabdevanja, akcije su zasnovane na njihovom uticaju na performanse ukupnog lanca snabdevanja, što pomaže maksimiziranju ukupnog efekta lanca snabdevanja.

Preduzeće koje je dostiglo stratešku usklađenost pronašlo je pravi balans između reagovanja i efikasnosti (slika 2). Svaki od pokretača utiče na ravnotežu. Držanje višeg nivoa zaliha povećava reagovanje lanca snabdevanja, dok držanja niskog nivoa zaliha povećava efikasnost lanca snabdevanja. Veći broj pogona, u opštem slučaju, doprinosi boljem reagovanju lanca snabdevanja, dok samo nekoliko, centralnih pogona stvara veću efikasnost. Investiranje u informacije, odnosno informacioni sistem, može značajno da unapredi lanac snabdevanja u oba pravca. Međutim, u nekom trenutku menadžeri lanca snabdevanja trebalo bi da odluče da li poboljšanje odziva koji informacije donose lancu snabdevanja opravdavaju povećane troškove informacija.

Povećanje raznolikosti proizvoda, smanjenje životnog ciklusa proizvoda, kupci sa sve većim zahtevima i globalna konkurencija čine kreiranje strategije lanca snabdevanja još težim, jer ovi faktori mogu umanjiti performanse lanca snabdevanja. Povećana globalizacija u lancima snabdevanja i fragmentacija vlasništva u lancima snabdevanja, takođe čine težim izvršenje strategije lanca snabdevanja.



Slika 2. Okvir za donošenje odluka u lancu snabdevanja

**Planiranje zaliha reproduktivnog materijala s ciljem da se obezbedi
kontinuitet procesa proizvodnje**

3. Model zaliha

Teorijski model kontrole zaliha je definisan u sistemu gde proizvođač naručuje sirovine, potom, kroz proizvodni proces, prevodi sirovinu u gotov proizvod, i na kraju isporučuje gotov proizvod kupcu. Promenljiva koja je posmatrana i na osnovu čije optimizacije su proračunati minimalni troškovi posmatranog modela jeste veličina Q , koja predstavlja količinu koju kupac naručuje po jednoj porudžbini (odnosno količina koja se u jednom navratu distribuira na stovarište gotovog materijala u prodajnom centru). Cilj modela jeste da se dobije optimalna vrednost veličine Q , za koju je veličina ukupnih troškova posmatranog lanca snabdevanja (TC) minimalna.

Ograničenja modela su: $D = \text{const}$; $P = \text{const}$; $P > D$; $(G) \neq f(Q)$.

Oznake korišćene u modelu su:

D – godišnja količina gotovih proizvoda koja je potrebna kupcu, (t/godišnje),

P – količina koju proizvođač može da proizvede za godinu dana, (t/godišnje),

D_r – godišnje potrebna količina sirovina za proizvodnju, (t/godišnje),

f – faktor konverzije sirovine u gotove proizvode, $f = D/D_r \leq 1$,

A – troškovi naručivanja kupca (odnosno, troškovi isporuke do distributivnog centra), din/porudžbini,

S – troškovi pripreme proizvodnje proizvođača, din/kvartalu

G – troškovi naručivanja sirovina po narudžbini, (din/kvartalu),

C_q – troškovi držanja na zalihama kupca jedinice gotovog proizvoda, din/t,

C_v – troškovi držanja na zalihama proizvođača jedinice gotovog proizvoda, din/t,

C_R – troškovi držanja na zalihama proizvođača jedinice sirovine, din/t,

r – godišnja kapitalna ulaganja po din uloženom u zalihe

Q – količina koju kupac naručuje po jednoj porudžbini, t/narudžbini,

Q_M – količina proizvedena po proizvodnom ciklusu, t/ciklusu

Q_R – količina naručenih sirovina, t/narudžbini,

T_C – ukupni troškovi posmatranog lanca snabdevanja, din/godišnje [6].

Samo veličina Q je posmatrana kao promenljiva odluke, dok su veličine Q_M i Q_R vezane za Q , prema relacijama: $Q_M = (n+1)Q$; $Q_R = kQ_M/f = k(n+1)Q/f$. Gde su: n – odnos količine naručenih proizvoda od strane kupca i količine proizvoda koju proizvođač proizvodi ($\forall n = 0$, radi se o *just-in-time* proizvodnji; $\forall n > 1$, proizvođač proizvodi više gotovih proizvoda od naručene količine te deo drži na zalihama). k – odnos naručene količine sirovina prema količini koju proizvođač troši u proizvodnom

ciklusu, pri čemu je $k = (1, 2, 3, \dots, m) \cup (1, 1/2, 1/3, \dots, 1/m)$ i m je celi broj, ($\forall k = 1$, količina naručenog materijala je jednaka količini potrebnoj za jedan ciklus proizvodnje; $\forall k > 1$, količina naručenog materijala je veća od količine potrebne za proizvodni ciklus te se deo sirovina drži na zalihama; $\forall k < 1$, količina naručenog materijala je manja od potrebne količine za proizvodni ciklus, te se u toku samog ciklusa mora vršiti dodatno naručivanje robe, po modelu hitnih nabavki). Na ovaj način može se razmotriti fleksibilnost samog lanca snabdevanja, jer samo kod fleksibilnih lanaca snabdevanja moguće su promene veličina n i m , prema zahtevima tržišta. Na osnovu definisanih ograničenja, razvijene su sledeće jednačine modela za različite realne uslove poslovanja:

Slučaj 1: ($k \geq 1$; $k \in (1, 2, 3, 4, \dots, m)$)

$$TC(m, n, Q) = \frac{D}{Q} \left(A + \frac{1}{(n+1)} S + \frac{Gf}{m(n+1)} \right) + \frac{Q}{2} r \left(C_Q + C_V \left[n \left(1 - \frac{D}{P} \right) + \frac{D}{P} \right] + C_R \frac{(n+1)}{f} \left[\frac{D}{P} + (m-1) \left(1 - \frac{D}{P} \right) \right] \right)$$

Slučaj 2: (a) ($k \leq 1$; $k \in (1, 1/2, 1/3, 1/4, \dots, 1/m)$)

Ukoliko se usvoji da je cena snabdevanja po modelu hitnih nabavki ista kao i u redovnom snabdevanju, tada važi izraz za ukupne godišnje troškove u posmatranom lancu snabdevanja:

$$TC(m, n, Q) = \frac{D}{Q} \left(A + \frac{1}{(n+1)} S + \frac{f}{(n+1)} Gm + \frac{Q}{2} r \left(C_Q + C_V \left[n \left(1 - \frac{D}{P} \right) + \frac{D}{P} \right] + C_R \frac{(n+1)}{mf} \left[\frac{D}{P} \right] \right) \right)$$

b) Ukoliko se u obzir uzme realniji slučaj, gde je cena snabdevanja po modelu sa hitnim nabavkama viša u odnosu na redovno snabdevanje ($G_1 > G$), ukupni godišnji troškovi posmatranog lanca snabdevanja su:

$$TC(m, n, Q) = \frac{D}{Q} \left(A + \frac{1}{(n+1)} S + \frac{f}{(n+1)} (G + (m-1)G_1) + \frac{Q}{2} r \left(C_Q + C_V \left[n \left(1 - \frac{D}{P} \right) + \frac{D}{P} \right] + C_R \frac{(n+1)}{mf} \left[\frac{D}{P} \right] \right) \right)$$

4. Zalihe u savremenim tržišnim i tehnološkim uslovima

Planiranje zaliha reprodukcionog materijala se vrši da bi se ustanovile i uspostavile kvantitativne proporcije između tih sredstava i planova proizvodnje, s jedne strane, kao i da se vide način i vreme obezbeđenja kontinuiteta proizvodnje, s druge strane. Samim tim, utvrđivanje takvih proporcija ne svodi se samo na uspostavljanje pravilnih odnosa između zaliha i datog zadatka, već i na svesno otklanjanje slučajnosti i stihije u poslovanju preduzeća.

Planiranje zaliha reproduktivnog materijala s ciljem da se obezbedi kontinuitet procesa proizvodnje

Da bi planiranje zaliha reproduktionog materijala bilo realno i u skladu s ciljevima i zadacima preduzeća, neophodno je stalno ispitivanje i proučavanje tržišta nabavke reproduktionih materijala. Na taj način, preduzeće ublažava rizik od pogrešne orijentacije u zalihe reproduktionog materijala, kao i planiranje onih reproduktionih materijala čiji se izvori ne mogu blagovremeno obezbediti. Osim toga, istraživanjem tržišta pronalaze se nove vrste reproduktionog materijala, pa je nabavna služba u mogućnosti da planira one reproduktione materijale koji su najracionalniji sa aspekta zahteva proizvodnje i ekonomičnosti poslovanja. U tom cilju, planiranje zaliha reproduktionog materijala bazira se na više elemenata (godišnjoj potrebi u planskom periodu, mesečnoj potrošnji, troškovima koje zalihe prouzrokuju i dr.). Kada se svi ti elementi sagledaju i odrede kriterijumi na osnovu kojih se utvrđuje nivo zaliha, matematičkim i drugim metodama, tada postaje pokazatelj koga se preduzeće treba pridržavati u datom periodu.

Planiranje zaliha reproduktionog materijala ima i drugi značaj. Ono omogućuje planiranje finansijskih sredstava za nabavku potrebnih reproduktionih materijala. Samim tim pospešuje racionalno i ekonomično trošenje novčanih sredstava. A što je još važno, omogućuje da reproduktioni materijal bude prisutan u preduzeću, u pravo vreme i na pravom mestu. Na taj način se dovodi u sklad kvantitativno i vremensko izvršavanje proizvodnih planova preduzeća.

Zadatak ovog rada je da na savremeni način definiše kolike količine reproduktionog materijala treba držati na zalihama, da bi se proizveo proizvod sa minimalnim angažovanjem obrtnih sredstava, odnosno da bi zalihe bile minimalne.

Tehnologiju koju treba primeniti da bi preslikala ponašanje i strukturu poslovnih sistema i jedno omogućila izračunavanje zaliha u svakom momentu je GA, pomoću koga sagledavamo i modeliramo realni sistem.

5. Metodologija za rešavanje optimizacionog problema

Jedna od evolutivnih metoda koja je vrlo efikasna za rešavanje ovakvih kombinatornih optimizacionih problema je genetički algoritam (GA). Prednosti GA u odnosu na klasične optimizacione metode su [8, 9]:

- Objektivna funkcija koju treba optimizirati je potpuno proizvoljna, tj. nema posebnih zahteva kao što su neprekidnost, diferencijabilnost i sl.;
- Primenljiv je na veliki broj problema različite prirode;

- Struktura algoritma nudi velike mogućnosti nadogradnje i povećanja efikasnosti algoritma;
- Pouzdanost rezultata se može povećati jednostavnim ponavljanjem postupka;
- Rezultat je skup rešenja, a ne jedno rešenje. Ako već ne nađe globalni optimum, daje neko rešenje koje se može prihvatiti kao dobro;
- Rešava sve probleme koji se mogu predstaviti kao optimizacioni, bez obzira da li su promenljive stanja realni brojevi, bitovi ili znakovi;
- Jednostavno se primenjuje na višedimenzionalne probleme;
- Dostupnost programske podrške. Postoje gotovi programski paketi koji se mogu primeniti za rešavanje konkretnih problema. U ovom radu je korišćena programska realizacija GA u okviru programskog paketa MATLAB.

Slabije strane GA su:

- Potrebno ga je prilagoditi datim ograničenjima;
- Često je potrebno problem prilagoditi algoritmu;
- Veliki uticaj parametara na efikasnost. Ne postoji univerzalno pravilo za podešavanje parametara;
- Konvergencija je sporija od ostalih numeričkih metoda. Zbog izvođenja velikog broja operacija, GA je spor;
- Ne može se postići 100 % pouzdanost rešenja.

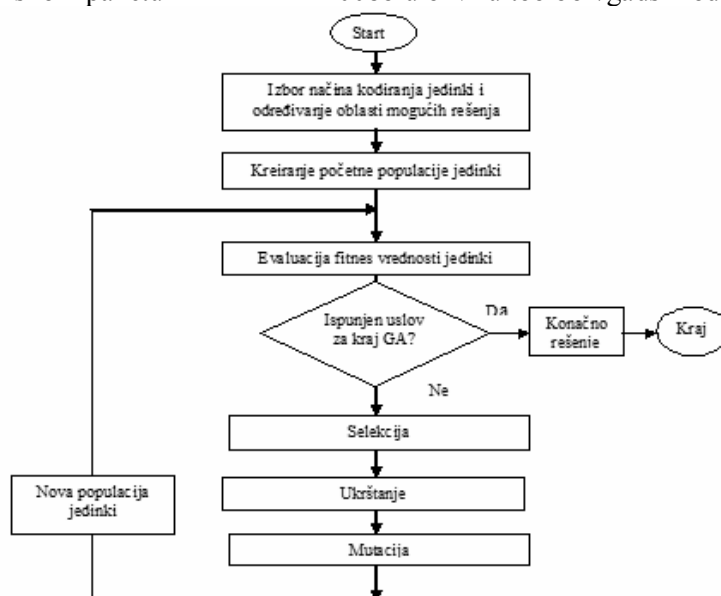
Genetički algoritam radi sa populacijom jedinki. Svaka jedinka je potencijalno rešenje datog optimizacionog problema. Jedinka se može opisati kao skup promenljivih stanja čije vrednosti se optimiziraju. Kvalitet jedinke se kvantifikuje preko vrednosti fitnes funkcije ili funkcije dobrote. Populacija jedinki je skup rešenja datog optimizacionog problema. Jedna generacija ima populaciju sa određenim brojem jedinki koje imaju bolje ili lošije vrednosti fitnes funkcije. Genetički algoritam je proces koji se odvija sekvencijalno po iteracijama, primenom tri osnovna operatora: selekcije, ukrštanja i mutacije. Na kraju svake iteracije GA dobija se nova generacija populacije jedinki (rešenja). Nakon nekog broja generacija, postupak GA se zaustavlja kada se zadovolji unapred određeni uslov zaustavljanja. Najbolja jedinka iz poslednje generacije predstavlja rešenje optimizacionog problema, koje je obično sasvim blizu globalnog optimuma.

Jedna iteracija GA se obično može podeliti u dve faze. Na početku procesa ima se tekuća populacija. Selekcija omogućava eliminaciju loših

Planiranje zaliha reproduktivnog materijala s ciljem da se obezbedi kontinuitet procesa proizvodnje

jedinki (rešenja) i preživljavanje boljih jedinki (sa boljim fitness vrednostima). Time se kreira jedna među-populacija (parovi roditelja). Selekcija se može shvatiti kao formiranje parova – roditelja. Sledeću fazu čine operacije ukrštaja i mutacije. Ukrštanje je proces u kome rezmenom svojstava (gena) roditelja nastaju nove dve jedinke – deca. Nakon toga sledi mutacija, kojom se menjaju svojstva novonastalih jedinki slučajnom promenom gena. Na taj način se postiže da jedinke iz generacije u generaciju budu sve bolje, što znači da se vrednosti promenljivih stanja približavaju optimalnim vrednostima. Struktura GA je prikazana na slici 3.

U ovom radu je korišćena programska realizacija GA u programskom paketu MATLAB R2008b u okviru toolbox/gads modula.



Slika 3. Struktura genetičkog algoritma.

6. Test primer

Opisana metodologija je primenjena na dva karakteristična primera, za koje su dati sledeći parametri:

$D=1000$ (t/godišnje); $P=1200$ (t/godišnje); $D_r=1100$ (t/godišnje); $f=0.91$;

$A=50000$ (din/porudžbini); $S=520000$ (din/kvartalu); $G=780000$ (din/kvartalu);

$C_q=130000$ (din/t); $C_v=130000$ (din/t); $C_R=130000$ (din/t); $r=1$;

1. Slučaj: Opsezi mogućih vrednosti upravljačkih promenljivih za koje treba odrediti optimalne vrednosti su:

$$k=[1\div 5]; \quad n=[1\div 2]; \quad Q=[1\div 1500] \text{ (t/narudžbini);}$$

U ovom primeru je odnos naručene količine sirovina prema količini koju proizvođač troši u proizvodnom ciklusu veći od jedan ili je jednak jedinici što znači da je količina naručenih sirovina veća od količine koja se troši u proizvodnom ciklusu ($k>1$).

Primenom opisane metodologije dobijeni optimalne vrednosti upravljačkih promenljivih za koje se imaju minimalni ukupni troškovi:

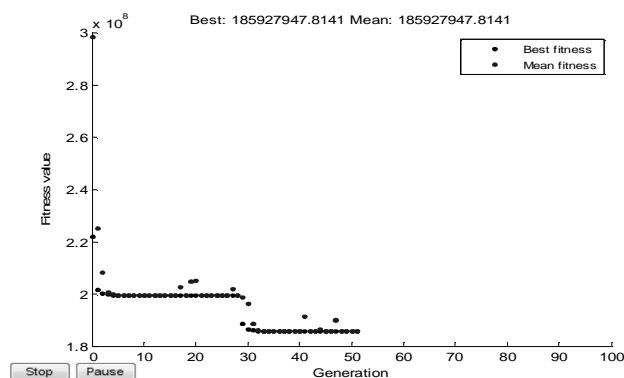
$$k=2.9; \quad n=2; \quad Q=28 \text{ (t/narudžbini);}$$

$$TC= 21733000 \text{ din/godišnje}$$

Sa dobijenim optimalnim vrednostima upravljačkih promenljivih (m,n,Q), za količinu proizvoda po proizvodnom ciklusu Q_M i količinu naručenih sirovina Q_R se dobija:

$$Q_M = 84 \text{ (t/ciklusu);} \quad Q_R=258 \text{ (t/narudžbini)}$$

Na slici 4. je data promena najbolje i srednje vrednosti fitness funkcije tokom izvršavanja genetičkog algoritma u postupku dobijanja optimalnog rešenja.



Slika 4. Tok GA u postupku dobijanja optimalnog rešenja za slučaj 1.

Prvi slučaj je da je količina sirovog materijala za proizvodnju veća od količine potrebne za jedan proizvodni ciklus. Na taj način, određena količina sirovina se nalazi na zalihama proizvođača. Ovaj način proizvodnje dovodi do nešto većih troškova skladištenja, ali ne postoje dodatni troškovi izazvani hitnim nabavkama u toku samog ciklusa proizvodnje.

**Planiranje zaliha reproduktivnog materijala s ciljem da se obezbedi
kontinuitet procesa proizvodnje**

2. Slučaj: U ovom primeru je odnos naručene količine sirovina prema količini koju proizvođač troši u proizvodnom ciklusu manji od jedan ili je jednak jedinici, što znači da je količina naručenih sirovina manja od količine koja se troši u proizvodnom ciklusu ($k < 1$).

$$k = [0.1 \div 1]; \quad n = [1 \div 2]; \quad Q = [1 \div 1500] \text{ (t/narudžbini);}$$

Sada se dobijaju sledeći rezultati:

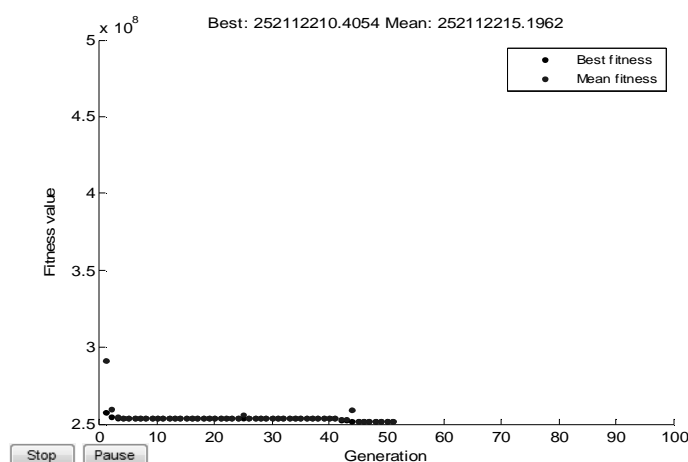
$$k=1; \quad n=1; \quad Q=1500 \text{ (t/narudžbini);}$$

$$TC = 249490000 \text{ din/godišnje}$$

Sa dobijenim optimalnim vrednostima upravljačkih promenljivih (m, n, Q), za količinu proizvoda po proizvodnom ciklusu Q_M i količinu naručenih sirovina Q_R se dobija:

$$Q_M = 3000 \text{ (t/ciklusu);} \quad Q_R = 3296 \text{ (t/narudžbini)}$$

Na slici 5 je data promena najbolje i srednje vrednosti fitness funkcije tokom izvršavanja genetičkog algoritma u postupku dobijanja optimalnog rešenja za Primer 2.



Slika 5. Tok GA u postupku dobijanja optimalnog rešenja za slučaj 2.

Drugi slučaj odnosi se na model sa hitnim nabavkama, ali pri ceni sirovine jednakoj kao pri redovnom snabdevanju. U uslovima definisanim realnim parametrima, dobijenim na osnovu dosadašnjeg poslovanja posmatranog PPS-a, dobijena je optimalna veličina finalnog proizvoda i sa minimalnim ukupnim troškovima posmatranog proizvodnog procesa.

7. Zaključak

Pojava zaliha reprodukcionog materijala je neizbežna. Na jednoj strani su zahtevi za kontinuitetom proizvodnog procesa, koji je jako osjetljiv na nestašice u reprodukcionom materijalu, dok na drugoj strani stoji činjenica da je praktično nemoguće vremenski podesiti poklapanje pristizanja nabavljenog reprodukcionog materijala s njegovim angažovanjem u proizvodnom procesu.

U ovom radu je prikazan pristup stratezijskom upravljanju zalihama i naručivanju u okviru jednog realnog PPS-a.

Na osnovu ranije formiranog modela, koji objedinjuje troškove pripreme proizvodnje, troškove naručivanja sirovina za proizvodnju, troškove njihovog držanja na zalihama proizvođača, potražena su moguća rešenja posmatranog problema optimizacije veličine proizvodne serije sa aspekta dva potencijalna slučaja u proizvodnoj praksi fabrike. Prvi razmatrani slučaj je bio da je količina naručenog sirovog materijala za proizvodnju veća od količine potrebne za jedan proizvodni ciklus. Na taj način, određena količina sirovina se nalazi na zalihama proizvođača. Ovaj način proizvodnje dovodi do nešto većih troškova skladištenja ali ne postoje dodatni troškovi izazvani hitnim nabavkama u toku samog ciklusa proizvodnje. Drugi se slučaj odnosio na model sa hitnim nabavkama, ali pri ceni sirovine jednakoj kao pri redovnom snabdevanju. U uslovima definisanim realnim parametrima, dobijenim na osnovu dosadašnjeg poslovanja posmatranog PPS-a, dobijena je optimalna veličina proizvedene količine materijala i na taj način minimalni ukupni troškovi posmatranog integrisanog proizvodnog procesa.

Literatura

1. Džejms A.F. Stoner i dr., Menadžment, Zelind, Beograd, 1997, str. 548.
2. Radoslav Penezić, Komercijalno poslovanje, Alef, Novi Sad, 1997, str. 39.
3. V. Vulanović, D. Stanivuković, B. Kamberović, N. Radaković, R. Maksimović, V. Radlovački, M. Šilobad, Metode i tehnike unapređenja procesa rada, IIS-Istraživački i tehnološki centar, Novi Sad, 2003, str. 27.
4. Dragutin Zelenović, Ilija Ćosić, Rado Maksimović, Aleksandar Maksimović, Priručnik za projektovanje proizvodnih sistema, FTN, Novi Sad, 2003, str. 18 i 19.
5. Stijepo Andrijić, Matematičke metode programiranja, Svjetlost, Sarajevo, 1979, str. 79.
6. Živković Ž., Mihajlović I., Šurić I., Primena modela stratezijskog upravljanja zalihama u poslovanju fabrike kreće "Zagrade", Majska konferencija o strateškom menadžmentu, 2005 Bor, 247-253

**Planiranje zaliha reproduktivnog materijala s ciljem da se obezbedi
kontinuitet procesa proizvodnje**

7. Cvetković S., " *Razvoj savremenih proizvodnih strategija u industriji*", Monografija, Zadužbina Andrejević, Beograd 2002 god. ISBN 86-7244-335-7
8. K.Y. Lee, M.A. El-Sharkawi, " *Tutorial on Modern Heuristic Optimization Techniques with Applications to Power Systems*", IEEE Power Engineering Society, 2002, IEEE Catalog Number 02TP160.
9. D. Beasley, D.R. Bull, R.R. Martin, " *An Overview of Genetic Algorithms: Part 1. Fundamentals*", Compexity Intelligence, Charles Sturt University, <http://www.csu.edu.au/ci> .

**THE PLANNING OF THE RESERVES OF THE REPRODUCTIVE
MATERIAL IN ORDER TO PROVIDE THE CONTINUITY OF THE
PRODUCTION PROCESS**

Abstract: This paper shows the model of supply management within a concrete manufacturing chain. It gives some theoretical basis for the model developed by the aspect of different real supply management conditions within the supply chain. It also defines the basic concept of the objectively oriented approach and the example of the supplies determination in real manufacturing conditions in a Business Manufacturing System (BMS).

Keywords: Inventory control, supply chains, production planning, genetic algorithm.