

# Zamjena broda

UDK 629.12:658.7/.8

SAŽETAK

Pregledni rad

U savremenim sistemima pomorskog transporta problemi prodaje i rashodovanja zastarjelih i problemi nabavke novih i polovnih savremenih brodova posmatraju se kao jedinstven problem zamjene brodova. Za rješavanje ovog problema koristi se njegov model koji se sastoji od podmodela izbora najboljeg broda iz postojećeg sistema pomorskog transporta, podmodela izbora najboljeg raspoloživog broda van sistema, kao najbolje zamjene najboljem brodu sistema i podmodela izbora optimalnog vremena (godine) obavljanja zamjene ovakvih brodova, koji kao mjeru vrednovanja ima neto sadašnju vrijednost posmatranih brodova.

## 1. UVOD

Današnje stanje i razvoj ukupne svjetske privrede traži od pomorskog transporta pružanje takvih (optimalno mogućih) usluga koje bi na najmanji mogući način opterećivale njezinu proizvodnju. Smanjenje troškova njenih proizvoda koji se odnose na pomorski transport traži korištenje savremenih sistema ove vrste transporta, što direktno uključuje i optimalno poslovanje savremenim brodovima. Da bi u brodarskoj organizaciji bilo moguće pravovremeno donositi odgovarajuće odluke o povećanju, smanjenju, modernizaciji i drugim načinima osavremenjavanja njihovih ukupnih brodarskih kapaciteta, što uključuje broj i ostale karakteristike pojedinih vrsta njihovih brodova, od brodarskih organizacija (brodara) zahtijeva se stalno praćenje stanja i razvoja cjelokupnog pomorskog tržišta, a posebno pojedinih njegovih vozarinskih tržišta. Kada postoje dobri izgledi da se ekspanzija pomorskog tržišta i dalje nastavlja, tj. da će se na njemu moći zaposliti veći brodarski kapaciteti od sadašnjih, tada će brodar, vjerojatno, odlučiti da i sam poveća svoje brodarske kapacitete ili bar da postojeće na najbolji mogući način modernizuje. U slučaju kada se predviđa da će recesija pomorskog tržišta i dalje trajati, kada će sve manje brodarskih kapaciteta moći biti zaposleno na određenim vozarinskim tržištima, brodar bi, vjerojatno, bio prisiljen, bilo privremenim stavljanjem svojih brodova u raspremu ili prodajom nekih od njih, smanjiti brodarske kapacitete ili bar svoje brodove modernizovati. Ovakva povećanja, smanjenja i modernizacije svojih brodarskih kapaciteta brodar obično vrši na osnovu kratkoročnih stratejskih odluka koje su zasnovane na »periodičnim« uslovima koji vladaju na cjelokupnom pomorskom tržištu, uključujući tu i tržište brodomontnih usluga.

Prateći stanja pomorskog tržišta, brodarske organizacije u svom svakodnevnom poslovanju moraju voditi računa ne samo o povećanju, smanjenju i modernizaciji svojih brodarskih kapaciteta, već i o samoj modernizaciji i drugim načinima osavremenjavanja pružanja svojih cjelokupnih pomorsko-transportnih usluga. Pored ostalog, važna svrha praćenja pomorskog tržišta za brodarsku organizaciju je i prikupljanje važnih informacija za donošenje odluka o najpovoljnijim vremenskim

truncima (godinama) zamjene pojedinih brodova njezne raspoložive flote, tj. brodova njenih sistema pomorskog transporta [1].

## 2. POTREBA ZAMJENE BRODOVA

Brodarske organizacije ili njihovi pojedini dijelovi, kao i posebni brodari, tokom svojih poslovanja, takoreći neprekidno, moraju odlučivati da li s postojećim brodarskim kapacitetima treba nastaviti obavljanje brodarskih operacija i da li bi, možda, na tržištu raspoloživi polovni ili novi brodovi bili bolji i ekonomičniji za pružanje tekućih brodarskih usluga. Kako ovakve odluke brodari, sve češće, moraju donositi, jer se pojačava i dinamika brodarskog poslovanja i sve se brže mijenjaju same tehnologije operiranja brodovima, to se u ovakvim brzim promjenama uslova pružanja brodarskih usluga sve češće postavlja pitanje ne samo nabavke i prodaje, već i same zamjene, kako se obično naziva, njihovih brodova. Izuzetno detaljna ekonomska istraživanja moraju se izvršiti ako se žele obezbijediti potrebne informacije za donošenje dobrih i pravovremenih odluka o zamjeni broдова.

Tri glavna razloga zamjene brodova su:

1. Fizička oštećenost: Postojeći brod (branilac) je toliko istrošen normalnim obavljanjem brodarskih operacija ili je, pak, oštećen da više ne može ekonomski isplativo obavljati funkcije transporta bilo kog raspoloživog tereta sve dok se na njemu ne izvrše opsežne popravke.
2. Nedovoljnost kapaciteta: Postojeći brod (branilac) ne raspolaže dovoljnim transportnim kapacitetom (nivošću i/ili brzinom) da zadovolji tekuće i buduće transportne zahtjeve.
3. Tehnološka zastarjelost: Postojeći brod (branilac) je toliko zastario, bilo funkcionalno ili ekonomski, da više ne može vršiti ekonomski isplative transporte tereta.

Ekonomska izučavanja zamjene brodova vrše se na sličan način kao i izučavanja potrebna donošenju bilo koje odluke izbora jedne od dvije ili skupa raspoloživih mogućnosti obavljanja nekih poslova. Mada je »mogućnost« zamjene brodova praktično moguće obaviti u dva različita slučaja, i to:

- 1) brod se zamjenjuje u trenutku kada ističe njegov ekonomski vijek trajanja i
- 2) brod se zamjenjuje u trenutku kada je rentabilnije vršiti transport drugim brodom koji može biti nabavljen na pomorskom tržištu,

postupci samih zamjena su u suštini slični. U oba slučaja, postojeći (»stari«) brod, opisno nazvan branilac, zadržava se sve do ekonomsko isplativog trenutka njegovog poslovanja, dok se traženi (»novi«) brod, opisno nazvan napadač, uvodi za obavljanje brodarskih operacija tek kada dokaže da će određene brodarske operacije obavljati ekonomski »bolje« nego branilac.

Kako su za brodare odluke o zamjeni brodova veoma važne, to bilo kakva nepromišljena, ishitrena ili nagla odluka da se »oslobodi« nekih brodova, ili pak njihova sklonost da kupe najmodernije, po pravilu i skupe, brodove može ozbiljno oslabiti njihove pozicije na vozarinskom, pa i pomorskom, tržištu. Također, odlaganje brodar da izvrši zamjenu svojih brodova, čim oni postanu nekonkurentni ne vozarinskom tržištu ili nespособni da obavljaju ekonomski »pozitivno« već ugovorene brodarske operacije, može ga dovesti u nezavidnu situaciju. Zato pravovremeno, ekonomski opravdano i ispravno donošenje odluka o zamjeni brodova spada među najvažnije odlučivanje cjelokupnog poslovanja brodar, koje on može donositi i više godina prije nego što će se sama zamjena brodova i realizovati.

Postoje mnogobrojni faktori koji moraju biti razmatrani prije i pri donošenju odluka o zamjeni brodova. Među ovim faktorima najvažnije su:

1. utvrđivanje nedostataka, ukoliko ih ima, u poslovanju brodarske organizacije s obzirom na poslovanje određenih brodova koji se namjeravaju zamijeniti,
2. utvrđivanje mogućeg postojanja neamortizovane vrijednosti brodova koje treba zamijeniti,
3. određivanje preostalog vijeka trajanja broda koji će biti zamijenjen (branilac),
4. ekonomski vijek trajanja broda (napadača) kojim će se zamijeniti branilac,
5. metod za određivanje neamortizovanih vrijednosti broda (kao ostatka uloženog kapitala) i
6. mogući dobiti ili gubici na uloženi kapital.

### 3. OSNOVNA METODA ZAMJENE BRODOVA

U postojećoj literaturi o iskorištavanju brodova veoma rijetko se obrađuje (cjelokupni) problem zamjene brodova. Mada postoji manji broj, manje ili više, prihvatljivih teorijskih metoda koje mogu biti korištene pri izučavanju i rješavanju ovog problema, zbog jednostavnosti, kao i same mogućnosti jednostavne praktične primjene, među njima se posebno izdvaja JELEN-ova metoda [2/104]. Zbog toga se u praksi brodarstva ova metoda smatra osnovnom metodom za izučavanje samog problema i donošenja odluke o zamjeni broda. Ova jednostavna tehnika, samo prostim upoređivanjem određenih ekonomskih pokazatelja, može odrediti onu godinu u kojoj je najbolje neki brod povući iz obavljanja određenih brodarskih operacija. Osnovna metoda koristi procjene mogućnosti stvaranja daljeg godišnjeg dohotka broda s obzirom na njegova investiciona (početna, kapitalna) ulaganja i ekonomskih rezultata dobijenih obavljanjem njegovih operacija.

Korištenjem osnovne (Jelen-ove) metode moguće je procijeniti veličinu neto sadašnje vrijednosti broda, kao mjeru vrednovanja obavljanja brodarskih operacija, u određenoj godini, koja može biti dobra informacija za određivanje vremena (godine) kada je »najpogodnije« brod povući iz obavljanja, bilo nekih ili svih mogućih, brodarskih operacija. Mjera vrednovanja korištena u ovoj metodi je procjena neto sadašnje vrijednosti broda za slijedeću godinu. Ona brodaru može poslužiti da donese odluku:

- 1) da li je da zamijeni (povuče iz operacija ili proda) određeni brod (nazvan branilac) »odmah« ili
- 2) da njime vrši brodarske operacije još jednu (slijedeću) godinu i na kraju te godine postavi ponovno isto pitanje (kao pod 1.).

Kako se radi o godišnjim procjenama, to zamjena broda »odmah« znači da se on treba zamijeniti na kraju

godine za koju se ovakva procjena vrši.

Kvantitativna (numerička) vrijednost pokazatelja osnovne (Jelen-ove) metode (za jednu godinu) zamjene broda je:

$$NSVZ_1 = \frac{B_1 + U_1 - J_1}{1 + I} - B_0 = \frac{S_1 + B_1}{1 + I} - B_0$$

gdje je **NSVZ<sub>1</sub>** procjena neto sadašnje vrijednosti broda za slijedeću (jednu) godinu, (dakle, neto promjena vrijednosti broda za tu godinu, a dobijena razlikom dvije njegove godišnje neto vrijednosti uzastopnih godina), **I** investiciona stopa povraćaja uloženog kapitala, **B<sub>0</sub>** prodajna vrijednost u (nulto) godini posmatranja, **B<sub>1</sub>** prodajna vrijednost broda slijedeće godine (dakle, za godinu dana od dana posmatranja), **U<sub>1</sub>** mogući dohodak broda dobijen obavljanjem brodarskih operacija tokom »posmatrane« godine, **J<sub>1</sub>** kvantitativna vrijednost smanjenja sposobnosti (povećanje inferiornosti) broda za obavljanje operacija tokom određene godine, a **S<sub>1</sub>=U<sub>1</sub>-J<sub>1</sub>**. Za **NSVZ<sub>1</sub> < 0** treba donijeti odluku da se brod zamijeni »odmah« (dakle, na kraju godine), dok za **NSVZ<sub>1</sub> > 0** brodom treba vršiti brodarske operacije još jednu godinu, a zatim ponovno postaviti pitanje njegove zamjene. U slučaju da je **NSVZ<sub>1</sub>=0** brodar ne raspolaže »informacijom« (ekonomskim pokazateljem) koji bi mu »pokazao« da li treba ili ne zamijeniti brod.

U kvantitativnu vrijednost pokazatelja osnovne metode zamjene brodova uključena je i kvantitativna vrijednost smanjenja sposobnosti (povećanje inferiornosti) broda u obavljanju brodarskih operacija za određenu godinu (**J<sub>1</sub>**) koja uglavnom zavisi od četiri (kvantitativna) faktora, tj. faktora koji »smanjuju« vrijednosti ekonomskih pokazatelja obavljanja njegovih operacija (procjene posebnim metodama), i to:

- 1) opšta dugoročna tehnološka poboljšanja, koja čine nove brodove produktivnijim u odnosu na starije (što se može iskazati i preko većeg broja proizvedenih tonskih milja u određenom vremenskom periodu),
- 2) opšteg fizičkog slabljenja stanja postojećeg broda, gdje se uključuju smanjenja njegove čiste nosivosti (zbog samog povećanja mase broda tokom vremena) i »dobrog« vanjskog izgleda za buduće prevoznike tereta (naručioce pomorsko-transportnog poduhvata),
- 3) povećanje godišnjih tekućih i operativnih troškova postojećeg broda zbog njegove veće starosti i
- 4) dugoročna tehnološka poboljšanja brodom koja smanjuju troškove transporta po jednoj toni tereta [2/106].

### 4. IZBOR OPTIMALNE GODINE ZAMJENE BRODA

Osnovna metoda zamjene brodova može biti korištena i za određivanje optimalnog vijeka trajanja broda. Prije detaljnijeg objašnjenja određivanja ovog vijeka trajanja broda korištenjem pokazatelja osnovne metode treba ukazati na činjenicu da je brod (optimalno) građen prema utvrđenim (predviđenim) transportnim uslovima u kojima bi trebalo da on tokom svoje eksploatacije obavlja (ili će obavljati) brodarske operacije. Međutim, vrlo često se brodovi moraju zapošljavati da vrše brodarske operacije u sasvim drugačijim uslovima od onih koji su bili utvrđeni (predviđeni) kod njegove optimalne gradnje. Kako se promjenom transportnih uslova mijenja i optimalni (ekonomski) vijek trajanja broda, to je za svakog brodar od izuzetne važnosti određivanje ovakvog trajanja njegovog broda pri različitim transportnim uslovima obavljanja njegovih operacija. Pokazatelj osnovne metode zamjene brodova može biti ko-



rišten za određivanje (novog) optimalnog (ekonomskog) vijeka trajanja broda za obavljanje brodarskih operacija u bilo kakvim određenim transportnim uslovima. Za određivanje optimalnog vijeka trajanja broda treba procjene početi obavljati od nulte godine (ekonomske) eksploatacije broda u obavljanju brodarskih operacija pod utvrđenim (novim) uslovima i redom za svaku slijedeću godinu procjenjivati kvantitativne vrijednosti pokazatelja osnovne metode zamjene broda (naravno, korištenjem mjere vrednovanja neto sadašnje vrijednosti). Kod ovakvih procjena moraju biti uključena najmanje tri važna godišnja kvantitativna faktora koja najviše utiču na promjenu vrijednosti ovog pokazatelja, i to:

1. vrijednosti mogućih godišnjih dohodaka broda ( $U_1$ ),
2. vrijednosti godišnjih smanjenja sposobnosti broda ( $J_1$ ) i
3. promjene tržišne vrijednosti broda za određenu godinu (iskazane preko  $B_1$  i  $B_0$ ).

Prva godina u kojoj je na ovaj način određena neto sadašnja vrijednost broda (tj. vrijednost pokazatelja osnovne metode zamjene broda) negativna je godina u kojoj on treba da prestane obavljati brodarske usluge u određenim transportnim uslovima, jer je to prva godina vijeka trajanja broda u kojoj su izdaci broda veći od njegovih prihoda. Određivanjem ove godine određuje se i optimalni vijek trajanja broda [2/105].

## 5. OPŠTI MODEL ZAMJENE BRODOVA

Obavljanje brodarskih operacija bilo kog sistema pomorskog transporta tokom vremena zahtijeva različite veličine brodarskih kapaciteta, različite vrste, veličine, brzine i ostale karakteristike pojedinih brodova. Od strukture i pojedinačnih veličina ovakvih kapaciteta nekog sistema pomorskog transporta zavisi i njegova uspješnost obavljanja transporta tereta na određenim vozirskim tržištima. Među najvažnijim problemima svakog sistema pomorskog transporta spada i problem opšte, a odatle i problemi pojedinačne, zamjene brodova, koji mogu uključiti, kao prostije slučajeve, i samostalne nabavke i prodaje pojedinačnih brodova.

Mjera neto sadašnje vrijednosti broda je osnovna kvantitativna mjera vrednovanja koja se koristi (u različitim pojavnim oblicima) kod zamjene brodova. Kako ona uključuje sva primanja i sve izdatke broda u određenom vremenskom periodu, to ona za taj period mora biti pozitivna ako operator broda želi uspješno poslovati na pomorskom tržištu. Za određivanje neto sadašnje vrijednosti broda za vremenski period od slijedećih  $N$  godina najčešće se koristi oblik:

$$NSV = \sum_{k=1}^N (P_k - R_k)(1 + I)^{-k} - B_0$$

gdje  $P_k$  predstavlja tok prihoda (primanja) broda tokom njegove eksploatacije ( $k=1, N$ ),  $R_k$  tok izdataka broda tokom istog vremenskog perioda ( $k=1, N$ ),  $B_0$  početna (investiciona) ulaganja kapitala, a  $I$  investiciona stopa povraćaja uloženog kapitala. Korištenjem ovakvog oblika formule za određivanje  $NSV$  broda vrijednost broda kao starog željeza ( $B_N$ , dakle na kraju njegovog vijeka trajanja), tj. na kraju vremenskog perioda od  $N$  godina, može se uključiti ili kao prihod u  $N$ -toj godini ili se njegova vrijednost, preko diskontnog faktora svede na nultu godinu eksploatacije broda, uključuje kao smanjenje početnog ulaganja kapitala (investicija). Ako je za neka (ekonomska) izučavanja od posebne važno-

sti iskazivanje i ovog ekonomskog elementa broda, tada se obično koristi formula:

$$NSV = \sum_{k=1}^N P_k - R_k)(1 + I)^{-k} - B_0 + B_N(1 + I)^{-N}$$

Ovom formulom određuje se neto sadašnja vrijednost broda na kraju nulte godine eksploatacionog vijeka trajanja broda na osnovu njegovih ekonomskih pokazatelja za slijedećih  $N$  godina. Ako se želi odrediti neto sadašnja vrijednost broda u  $i$ -toj godini (tj. na kraju te godine) za vremenski period, tj. na osnovu njegovih ekonomskih pokazatelja, od  $j$  slijedećih godina, tada se može koristiti uopšte oblik formule neto sadašnje vrijednosti:

$$NSVZ_{i,j} = \sum_{k=1}^j S_{i+k}(1 + I)^{-k} - B_i + B_{i+j}(1 + I)^{-j}$$

gdje je  $S_{i+k} = P_{i+k} - R_{i+k}$ . Ako ovdje nije potrebno voditi računa o vrijednosti broda kao starog željeza, tada je posljednji član u formuli  $NSVZ_{i,j}$  jednak nuli (jer se u tom slučaju smatra da je  $B_{i+j} = 0$ ).

Za mogućnost procjavanja zamjene brodova potrebno je izgraditi njegov opšti model. Korištenjem izgrađenog opšteg modela zamjene brodova treba prikupiti dovoljno potrebnih informacija za donošenje jedinstvene odluke o zamjeni brodova, a koja se sastoji od tri posebne odluke, i to:

1. odluke kojom se vrši izbor broda iz postojećih brodova sistema pomorskog transporta (flote) koji treba biti zamijenjen, dakle, izbor branioca,
2. odluke kojom se određuje kojim brodom, kao napadačem, treba zamijeniti branioca, dakle izbor napadača, i
3. odluke kojom se »procjenjuje« vrijeme kada treba izvršiti takvu zamjenu, tj. kada napadač treba zamijeniti branioca [3/285].

Znači, opšti model broda treba poslužiti donosiocu odluka za donošenje tri uzastopne odluke, zbog čega on mora sadržati tri posebna modela, i to:

1. Model izbora najlošijeg broda ( $S$ ) iz skupa postojećih brodova sistema pomorskog transporta. Za rješavanje problema izbora najlošijeg broda ( $S$ ) od svih postojećih brodova sistema pomorskog transporta, prvo treba odrediti mjeru vrednovanja kojom će biti mjeran takav izbor broda, a zatim utvrditi i ograničenja koja se mogu javiti pri vršenju ovakvog izbora. Posebnim istraživanjima treba utvrditi i cjelokupnu metodologiju i tehniku nalaženja najboljeg rješenja korištenjem već izgrađenog modela postavljenog problema.

Pod pretpostavkom da brodovi vrše transporte tereta od skupa luka  $A$  (ili regiona  $A$ ) do skupa luka  $B$  (ili regiona  $B$ ), kod rješavanja problema izbora nalošijeg broda ( $S$ ), u osnovi, postoje dvije promjenljive veličine odlučivanja koje treba odrediti, i to:

- 1) broj putovanja broda  $k(x_k)$  od luka  $A$  do luka  $B$  (polazna putovanja) i
- 2) broj putovanja broda  $k(y_k)$  od luka  $B$  do luka  $A$  (povratna putovanja),

za određeni vremenski period  $T_k$  (u godinama/danima) raspoloživosti broda  $k$ . Uzimajući da je  $Q_k$  količina tereta (u tonama) koju treba transportovati brodom  $k$  od luka  $A$  do luka  $B$  (kao ukupnih zahtjeva luka  $B$  ako se transport vrši brodom  $k$ ),  $R_k$  količina tereta (u tonama) koju treba transportovati brodom  $k$  od luka  $B$  do luka  $A$  (kao ukupnih zahtjeva luka  $A$  ako se transport vrši bro-

dom  $k$ ),  $L_k$  čista nosivost broda  $k$  (u tonama) od luka  $A$  do luka  $B$ ,  $M_k$  čista nosivost broda  $k$  (u tonama) od luka  $B$  do luka  $A$ ,  $s_k$  ukupno potrebno vrijeme (u godinama/danima) broda  $k$  da ukrca terete u lukama  $A$ , obavli plovidbu od luka  $A$  do luka  $B$  i iskrca terete u lukama  $B$ ,  $t_k$  ukupno potrebno vrijeme (u godinama/danima) broda  $k$  da ukrca terete u lukama  $B$ , obavli plovidbu od luka  $B$  do luka  $A$  i iskrca terete u lukama  $A$ ,  $a_k$  prosječna vozarinska rata za transporte tereta brodom  $k$  od luka  $A$  do luka  $B$ ,  $b_k$  prosječna vozarinska rata za transporte tere-

ta brodom  $k$  od luka  $B$  do luka  $A$ ,  $C_k$  ukupni troškovi (kapitalni, tekući i operativni) broda  $k$  za obavljanje (polaznog) putovanja od luka  $A$  do luka  $B$ ,  $D_k$  ukupni troškovi (kapitalni, tekući i operativni) broda  $k$  za obavljanje (povratnog) putovanja od luka  $B$  do luka  $A$ , i pod pretpostavkom da se putovanja obavljaju neprekidno (kontinuirano), za mjeru vrednovanja (optimalnog) obavljanja ukupnog transporta tereta (i iz luka  $A$  do luka  $B$  i iz luka  $B$  do luka  $A$ ) može biti uzet (maksimalni) dohodak broda  $k$  ( $DH_k$ ), tj.

$$\underbrace{\quad\quad\quad}_{\text{--- } t_k \text{ --- } \square \square \square \text{ --- } \frac{r \cdot x}{\quad\quad\quad} \text{ ---}}$$

$$(\max) DH_k = (\max) \left[ (a_k \cdot L_k - C_k) \cdot x_k + (b_k \cdot M_k - D_k) \cdot y_k \right]$$

uz ograničenja:

1) da svi transporti tereta budu izvršeni u određenom vremenskom periodu:

$$s_k \cdot x_k + t_k \cdot y_k \leq T_k$$

2) da ukupna količina transportovanog tereta iz luka  $A$  za luke  $B$ , dakle ukupni transportni zahtjevi luka  $B$ , budu izvršeni:

$$L_k \cdot x_k = Q_k$$

3) da ukupna količina transportovanog tereta iz luka  $B$  za luke  $A$ , dakle ukupni transportni zahtjevi luka  $A$ , budu izvršeni:

$$M_k \cdot y_k = R_k \quad i$$

$$x_k \geq 0 \quad i \quad y_k \geq 0$$

4) da promjenljive veličine odlučivanja budu nenegativne veličine:

Kada se za svaki brod sistema pomorskog transporta na ovaj način odredi njegov maksimalni dohodak, najlošiji brod ( $S$ ) sistema (flote) je onaj koji ima najmanji maksimalni dohodak dobijen od transporta tereta od luka  $A$  do luka  $B$  i obratno. Ovaj brod ( $S$ ) treba biti zamijenjen s najboljim (novim ili polovnim) brodom ( $N$ ). Kratko, izbor najlošijeg broda ( $S$ ) određenog sistema pomorskog transporta, koji u svom sastavu ima  $n$  brodova (od kojih se bira najlošiji brod da bude zamijenjen), vrši se odabiranjem najmanje vrijednosti maksimalnih dohodaka brodova određenih metodama linearnog programiranja. Funkcija kriterijuma za rješavanje ovog problema bila bi:

$$(\min) \left[ (\max) DH_k \right] = (\min) \left[ (\max) \left[ (a_k \cdot L_k - C_k) \cdot x_k + (b_k \cdot M_k - D_k) \cdot y_k \right] \right] \\ (k = \overline{1, n})$$

koja zadovoljava skup ograničavajućih uslova:

- 1)  $s_k \cdot x_k + t_k \cdot y_k \leq T_k$
- 2)  $L_k \cdot x_k = Q_k$
- 3)  $M_k \cdot y_k = R_k$
- 4)  $x_k \geq 0 \quad i \quad y_k \geq 0, \quad (k = \overline{1, n})$

2. Model izbora najboljeg broda ( $N$ ) kao najbolja zamjena najlošijem brodu. Sam način izbora najboljeg broda ( $N$ ), od svih raspoloživih brodova na pomorskom tržištu, zavisi od raspoloživog vremena do trenutka kada ovakav brod treba da zamijeni najlošiji brod sistema pomorskog transporta. S obzirom na dužinu ovog vremenskog perioda, postoje dvije mogućnosti, i to:

1) vremenski period do zamjene broda suviše je kratak da bi mogao biti sagrađen novi (optimalni) brod, u kom se slučaju zamjena mora izvršiti izborom najboljeg ras-

položivog broda na tržištu polovnih brodova ili brodova na vremenskom vozarinskom tržištu, i

2) vremenski period do zamjene broda dovoljno je dug da može biti naručen, sagrađen i primljen u sistem pomorskog transporta novi brod, čija optimalna gradnja može biti izvršena s obzirom na utvrđene transportne uslove.

1) Određivanje najboljeg broda od svih raspoloživih brodova na tržištu polovnih brodova ili brodova na vremenskom vozarinskom tržištu može biti izvršeno, pod utvrđenim uslovima transporta, na sličan način kao i izbor najlošijeg broda (čiji je model dat pod 1.). U ovom slučaju se kod konačnog izbora broda od svih maksimalnih dohodaka brodova odabira onaj koji je maksimalan jer se ovdje traži najbolji brod (a ne minimalan kao kada je bio tražen najlošiji brod). Ako na pomorskom tržištu postoji  $m$  raspoloživih brodova koji bi mogli biti dobra zamjena najlošijeg broda ( $S$ ), tada se korištenjem analognih oznaka kao kod najlošijeg broda, određivanje najbolje zamjene, tj. najboljeg broda  $d$  ( $N$ ), vrši pomoću funkcije kriterijuma:

$$(\max) \left[ (\max) DH_d \right] = (\max) \left[ (\max) \left[ (a_d \cdot L_d - C_d) \cdot x_d + (b_d \cdot M_d - D_d) \cdot y_d \right] \right] \\ (d = \overline{1, m})$$

koja zadovoljava skup ograničavajućih uslova:

- 1)  $s_d \cdot x_d + t_d \cdot y_d \leq T_d$
- 2)  $L_d \cdot x_d = Q_d$
- 3)  $M_d \cdot y_d = R_d$
- 4)  $x_d \geq 0 \quad i \quad y_d \geq 0, \quad (d = \overline{1, m})$



2) Određivanje novog najboljeg mogućeg broda kao zamjena najlošijem brodu sistema pomorskog transporta vrši se gradnjom optimalnog broda za date uslove transporta. Određivanjem optimalnih vrijednosti promjenljivih veličina odluka kod gradnje broda:

1. deplasmana (**DEPL** na konstruktivnoj vodenoj liniji — **KVL**),
  2. prizmatičnog koeficijenta (**Cp**),
  3. brzine (**V**),
  4. odnosa brzine i kvadratnog korjena dužine ( $\frac{V}{\sqrt{L}}$ )
  5. odnosa širine i gaza (**B : T**) i
  6. odnosa dužine i visine (**L : H**),
- uz ograničavajuće uslove nametnute transportom tereta, gradnjom broda, plovnim područjem, zakonskim obavezama, finansijskim uslovima i slično, korištenjem mjere vrednovanja **NSV**, odredi se optimalan brod za obavljanje traženog transporta. Na ovaj način određeni brod je najbolja zamjena najlošijem brodu postojećih brodova sistema pomorskog transporta.

3. Model izbora optimalnog vremena (godine) obavljanja zamjene najlošijeg broda najboljim brodom. Za nalaženje rješenja ovog problema izbora optimalnog vremena (godine) obavljanja zamjene najlošijeg broda najboljim brodom koristi se metoda dinamičkog programiranja. Da bi ova metoda mogla biti korištena potrebno je:

- 1) odrediti promjenljive veličine odlučivanja,
- 2) naći neto sadašnje vrijednosti brodova za različite vremenske periode najlošijeg broda (**S**) postojeće flote i najbolje njegove zamjene, ili najboljih njegovih zamjena,
- 3) utvrditi funkciju rekurentne relacije za određivanje optimalnih (»načina«) rješenja problema i
- 4) odrediti funkciju kriterijuma.

U modelu izbora optimalnog vremena (godine) obavljanja zamjene brodova postoje dvije promjenljive veličine odlučivanja, i to:

- (1) vremenski period koliko će još dugo najlošiji brod (**S**), nazvan braniocem, obavljati utvrđene transporte tereta i
- (2) vremenski period koliko će dugo poslije izvršene zamjene najbolji brod (**N**), nazvan napadačem, vršiti utvrđene transporte tereta.

Radi jednostavnosti rada, obično, se uzima neki zajednički vremenski interval u kojem je moguće posmatrati pokazatelje korištene u zamjeni oba broda i u kojem bi trebalo da se zamjena broda i stvarno obavi. Dok je početak ovakvog intervala vrijeme posmatranja (i određivanje neto sadašnjih vrijednosti ili njihovih indeksa), to se njegov kraj uzima za horizont (**Ho**) posmatranja (što znači da će se samo do tog vremena vršiti posmatranje mogućih zamjena brodova). Neto sadašnja vrijednost branioca starog i godina od početka vremenskog intervala posmatranja tokom slijedećih i godina (dakle, vremenskog trenutka  $i+j$  godina od početka posmatranja,  $i+j \leq Ho$ ) je:

$$S_{ij} = \sum_{k=1}^i SD_{i+k} (1+I)^{-k} - SB_i + SB_{i+j} (1+I)^{-j}$$

a neto sadašnja vrijednost napadača u istom vremenskom trenutku (**i**) i istom vremenskom periodu posmatranja (**j**,  $i+j \leq Ho$ ) je:

$$N_{ij} = \sum_{k=1}^j ND_{i+k} (1+I)^{-k} - NB_i + NB_{i+j} (1+I)^{-j}$$

gdje su **SD<sub>i+k</sub>** i **ND<sub>i+k</sub>** godišnji tokovi dohodaka, **SB<sub>i</sub>** i **ND<sub>i</sub>** neto vrijednosti u trenutku **i**, a **SB<sub>i+j</sub>** i **NB<sub>i+j</sub>** neto vrijednosti u trenutku  $i+j$  branioca i napadača. Određivanjem, kao i njihovim povezivanjem, svih mogućih kombinacija za vrijednosti **i** i vrijednosti  $i+j$  u vremenskom periodu posmatranja dobija se mreža mogućih vremenskih trenutaka (čvorova) zamjene brodova koja služi kao osnova za određivanje načina optimalne zamjene brodova. Za određivanje rješenja ovog problema primjenom metode dinamičkog programiranja svaki čvor mora biti »opskrbljen« odgovarajućim vrijednostima **S<sub>ij</sub>** i **N<sub>ij</sub>**. Optimalni način dolaznja do bilo kog trenutka (godine) zamjene brodova može biti nađen korištenjem dinamičke rekurentne relacije:

$$F_n = (\max) [N_{nk} + F_k]$$

**k=n+1, n+2, n+3, ..., Ho**, za  $n=Ho-1, Ho-2, Ho-3, \dots$ , **1**, stavljanjem  $i=n, j=n-k$  i  $F_{Ho}=0$ . Ako se u svakom stanju (»koraku«) ove procedure odabere trenutak (godina) **j** koji daje najveću vrijednost **F<sub>n</sub>**, tada je moguće naći optimalan dolazak do tog trenutka, kao i same vrijednosti njihovih **NSV**. Međusobnim upoređivanjem **F<sub>n</sub>** i vrijednosti **S<sub>ij</sub>** za svako **n** moguće je utvrditi vremenski trenutak (godinu) kada treba zamijeniti branioca (**S**) njegovim napadačem (**N**). Trenuci (godine) u kojima je **F<sub>n</sub>** veće od **S<sub>ij</sub>** su trenuci (godine) zamjene brodova.

Kako je od sva tri dijela (podmodela) opšteg modela zamjene brodova model izbora optimalnog vremena obavljanja zamjene brodova najstroženiji i za određivanje rješenja njegovog problema najkomplicovaniji dio to se za njegovo rješavanje koristi unaprijed izgrađeni računarski program.

## 6. ZAKLJUČAK

Zamjenom brodova sistema pomorskog transporta jednovremeno se obavlja prodaja ili rashodovanje zastarjelog i nabavka novog ili polovnog savremenog broda. Ovakvu zamjenu brodova zahtijeva svojom potražnjom savremenih brodarskih usluga samo pomorsko tržište, a ona je uslovljena brodarevom mogućnošću finansijskog praćenja takvih zahtjeva. Kako su odluke o zamjeni brodova veoma bitne za svaki sistem pomorskog transporta, pa i brodarsku organizaciju kojoj takav sistem pripada, to se za njihovo donošenje mora obezbijediti dovoljan broj potrebnih informacija i to ne samo iz okoline, već i iz samog sistema pomorskog transporta čiji brodovi treba da budu zamijenjeni, mora se izgraditi odgovarajući model i moraju se naći sva njegova rješenja. Samo odlučivanje koje se zasniva na ovakvim elementima može biti dobra osnova za donošenje pravovremenih i dovoljno dobrih, a često i optimalnih, odluka o zamjeni brodova sistema pomorskog transporta.

## LITERATURA

- [1] Tauzović T. Jovo, »Iskorištavanje brodova«, Pomorski fakultet, Dubrovnik, 1989. (u štampi).
- [2] Benford H. and Brown M. E., »Ship Replacement and Prediction of Economic Life«, (nepoznat izdavač), Schiffstechnik Bd. 24 — 1977.
- [3] Pack W. H., »Ocean transportation and replacement model«, (nepoznat izdavač i godina izdanja).
- [4] Tauzović T. Jovo, »Simulacija sistema pomorskog transporta u slobodnom brodarstvu«, Fakultet za pomorstvo i slobodnja, Rijeka, 1983.
- [5] Tauzović T. Jovo, »Korištenje računara u brodarstvu«, Naše more, 5—6/88, Dubrovnik, 1988.
- [6] Tauzović T. Jovo, »Savremeni informacioni sistemi brodarске organizacije«, Praksa br. 2, Beograd, 1988.
- [7] Marcus S. Henry, »Planning Ship Replacement in the Containerization Era«, Lexington Books, London, 1970.