

Igor Rudan, dipl. ing.
Dr. sc. Dinko Zorović
Pomorski Fakultet u Rijeci
Studentska 2, 51000 Rijeka

Prilog određivanju vremena kada plovilo treba zamijeniti

Sažetak

U ovome radu razmatra se, s obzirom na obilježja plovila, izračunavanje matematički najpovoljnijeg trenutka zamjene plovila novim. Predloženi način izračunavanja takvoga trenutka temelji se na svojstvima starenja plovila s vremenom i izdacima potrebnim za održavanje. Budući da je starenje plovila, pa prema tome i smanjenje njegove vrijednosti, prirodni proces, pretpostavit će se da teče invertnom eksponencijalnom krivuljom prirodnog logaritma. Izdaci za održavanje kao protuteža starenju i otkazivanju pojedinih sklopova ovisе, također, o nekim prirodnim procesima i o čovjeku koji to izvodi, koji je, također, element prirode, pa će se pretpostaviti da idu recipročnom vrijednosti prirodnog logaritma. U radu je, također, prikazan način izračunavanja koeficijenata kojima se definiraju obilježja pojedinog plovila tako da se sustav izračunavanja može primijeniti na plovila različitih obilježja.

Ključne riječi: zamjena plovila, matematički najpovoljniji trenutak

1. Uvod

Nabavka plovila je veliki izazov samom činjenicom da su plovila relativno skupa, tj. svaki potencijalni kupac novoga plovila razmišlja o kupovini plovila koje gotovo uvijek graniči s mogućnostima njegovog trenutnog imovinskog stanja. Zbog te činjenice nametnula se potreba da potencijalni kupac donekle unaprijed zna kretanje vrijednosti samoga plovila, te izdataka potrebnih da se ono održava u funkciji tijekom godina korištenja. Ti podaci kasnije izravno utječu na izbor najpovoljnijeg trenutka prodaje, tj. zamjene starog plovila za novo. U tom najpovoljnijem trenutku, teoretski gledano, postigao bi se najbolji financijski efekt prodajom samog plovila, a dobivenim sredstvima od prodaje najlakše bi se moglo krenuti u kupovinu novog plovila.

Poznavanje unaprijed teoretski najpovoljnijeg trenutka prodaje samoga plovila

uvelike bi olakšalo potencijalnim kupcima planiranje same kupnje, te rasporeda planiranih sredstvima. Što je još važnije, omogućilo bi se planiranje godišnjih izdataka za samo plovilo, te početni kapital kod kupovine sljedećeg plovila koji bi se dobio prodajom postojećeg.

U ovom radu želi se matematički utvrditi što točnije vrijeme kada nastupa potreba za zamjenu plovila novim. Cilj je posjedovati brodicu zahtijevanih kvaliteta u uvijek ispravnom stanju, uz što manje izdataka u vremenu, dakle, uzimajući u obzir samo materijalno-financijske izdatke.

2. Vrijednost u vremenu

Tokom godina korištenja vrijednost plovila pada po krivulji P koja se asimptotski približava nultoj vrijednosti, apscisi gdje je nanoseno vrijeme t . Pad vrijednosti brodice ili jahte u vremenu je prirodni proces, proces uvjetovan ponudom i potražnjom, ukusom čovjeka itd., no uvijek uvjetovanih prirodom. Daleko najveća većina prirodnih procesa provodi se po eksponencijalnoj krivulji s bazom prirodnog logaritma, pa će se pretpostaviti da se tako događa i pad vrijednosti plovila P (slika 1). Vrijednost ne može pasti u konačnom vremenu na ništicu jer treba pretpostaviti da bar neke sitnice imaju trajniju vrijednost.

$$P = A \times e^{-Ct} \quad (1)$$

gdje je:

P – vrijednost plovila u vremenu

A – vrijednost plovila prilikom kupnje

C – koeficijent pada vrijednosti

e – baza prirodnih logaritama

t – vrijeme

U toku eksploatacije plovila javljaju se neki troškovi koji se mogu klasificirati u:

- fiksne, stalne
- varijabilne

Pod fiksnim troškovima podrazumijeva se pregled i baždarenje, registracija, vez i ostalo koje se ne može izbjeći. Pod varijabilnim troškovima podrazumijevat će se samo troškovi održavanja kako bi plovilo bilo stalno u nesmanjenoj funkciji i estetskom izgledu. U te troškove ne ubrajaju se troškovi uvjetovani nezgodama, bilo ljudskom greškom ili prirodnim silama. Što je plovilo starije, varijabilni troškovi rastu. Kako je starenje prirodni proces, i te troškove opisat će se eksponencijalnom krivuljom baze prirodnog logaritma jednadžbe:

$$T = E (e^{Dt} - 1) \quad (2)$$

gdje je:

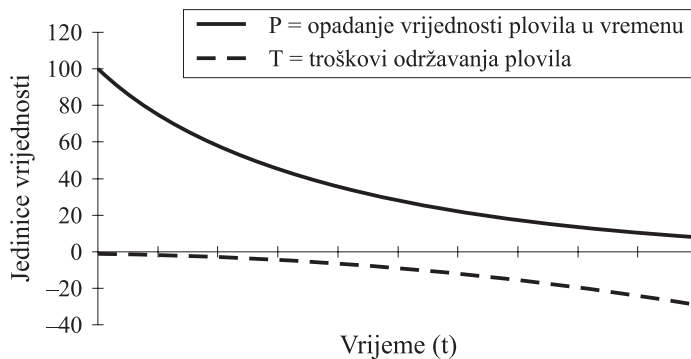
T – troškovi u vremenu

D – koeficijent porasta troškova

E – koeficijent vrijednosti

Ovu će se krivulju T prikazati (slika 1.) ispod osi apscise jer predstavlja gubitak za vlasnika plovila. U samom početku nabavke plovila troškova održavanja nema pa krivulja polazi od same osi apscise. Tokom godina troškovi održavanja rastu što je prikazano na negativnom dijelu ordinate.

Slika 1. Prikaz opadanja vrijednosti plovila, te povećanja troškova održavanja u vremenu



Godišnje koštanje plovila (amortizacija), kao pojam, moglo bi se shvatiti kao vremensko koštanje plovila, tj. godišnje izdavanje vlasnika za plovilo. Zna se da je to izdavanje trenutačno prilikom kupnje plovila i da iznosi cijenu kupljenog plovila. Međutim, može se ista stvar i drukčije promatrati. Kupi li se plovilo za cijenu 100, te takvo plovilo posjeduje jednu godinu tada je to plovilo stajalo 100 na godinu. Posjeduje li se isto to plovilo dvije godine tada je to isto plovilo stajalo 50 na godinu, itd. Tako dobivena krivulja G (slika 1.) također se asimptotski približava nultoj vrijednosti, tj. apscisi te se može opisati izrazom:

$$G = A / t \quad (3)$$

gdje je:

G – godišnje koštanje plovila

A – vrijednost plovila prilikom kupnje

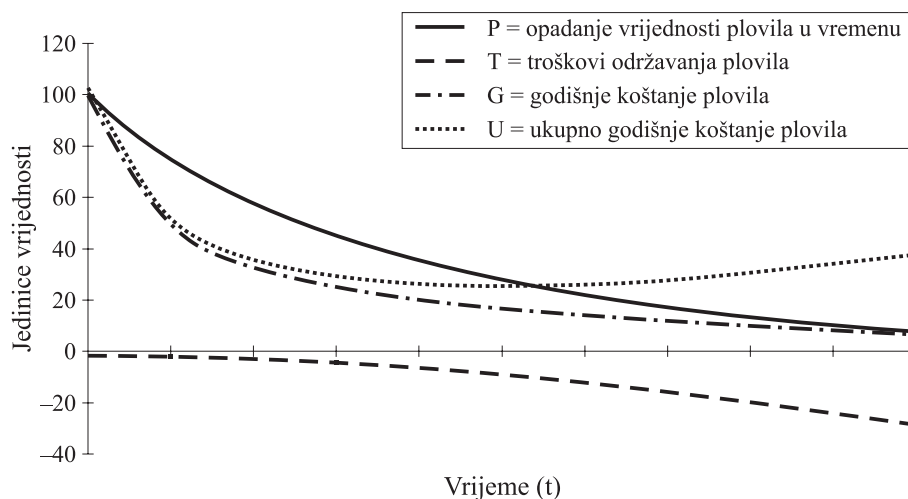
t – vrijeme

Apsolutnim zbrajanjem vrijednosti krivulja troškova održavanja, te godišnjeg odvajanja za plovilo dobije se nova krivulja ukupnog godišnjeg koštanja plovila U (slika 2.). Ta krivulja predstavlja stvarno godišnje odvajanje za plovilo, te se može prikazati izrazom:

$$U = E(e^{Dt} - 1) + A/t \quad (4)$$

Krivulja u početnim godinama naglo pada prema apcisi, međutim, nakon određenog broja godina počinje ponovo rasti, što je posljedica povećanja troškova održavanja s vremenom.

Slika 2.: Uspoređivanje ukupnog godišnjeg koštanja te opadanja vrijednosti plovila



Projekcija presjecišta krivulje opadanja cijene plovila, te krivulje ukupnog godišnjeg koštanja plovila na apcisi je optimalno vrijeme kada plovilo treba prodati. Nakon tog vremena ukupno godišnje koštanje plovila prelazi tržišnu cijenu plovila u tom promatranom trenutku, te je konstantna tendencija rasta razlike vrijednosti između tih dviju krivulja. Matematički se to može izraziti:

$$P = U \quad (5)$$

$$A \times e^{-Ct} = E(e^{Dt} - 1) + A/t \quad (6)$$

U ovom izrazu jedina nepoznanica je t , tj. optimalno vrijeme zamjene plovila novim plovilom. Potrebno je jedino definirati koeficijent pada vrijednosti plovila C , te koeficijent porasta troškova D . Rješenje gornjeg izraza dobiva se složenim metodama iteracije, te takvo rješenje predstavlja odgovor na zadani cilj rada.

3. Primjer

Neka kupac nabavi manje plovilo vrijednosti 100.000 kn. Na “tržištu” rabljenih plovila provjeri kolika je cijena takvog rabljenog plovila i utvrdi sljedeće:

nakon jedne godine starosti cijena mu padne na oko	75.000 kn,
nakon dvije godine	60.000 kn,
nakon tri godine	45.000 kn,
nakon četiri godine	35.000 kn,
nakon pet godina	28.000 kn,
nakon šest godina	22.000 kn,
nakon sedam godina	17.000 kn,
nakon osam godina	13.000 kn,
nakon devet godina	10.000 kn.

Iz izraza (1) za vrijednost A novog plovila

$$A = 100.000 \text{ kn}$$

i vrijednosti krivulje P kakva je na tržištu, dobiva se vrijednost koeficijenta C približno:

$$C \approx 0,25$$

pa jednadžba krivulje P dobiva izraz:

$$P = 100.000 \times e^{-0,25t}$$

Tokom korištenja plovila vlasnik ima izdatke za popravke opreme, dijelova i stroja te dotjerivanja plovila kako bi bio estetski prihvatljiv. Utvrdi tako da:

nakon prve godine korištenja plovila potroši oko:	500 kn,
nakon druge godine	1.000 kn,
nakon treće godine	2.000 kn,
nakon četvrte godine	3.000 kn,
nakon pete godine	4.500 kn,
nakon šeste godine	7.000 kn,
nakon sedme godine	10.000 kn.

te na osnovu tih podataka uviđa da će troškovi rasti.

Uvrštavanjem tih vrijednosti u (2) i odabirom koeficijenta vrijednosti E :

$$E = 1.000$$

dobiva vrijednosti za koeficijent D :

$$D \approx 0,35$$

Prema tome, jednadžba krivulje (2) poprima izraz:

$$T = 1.000 \times (e^{0,35t} - 1)$$

Uvrštavanjem ovih vrijednosti u izraz (6), dobiva se:

$$100.000 \times e^{-0,25t} = 1.000 \times (e^{0,35t} - 1) + / 100.000 / t /$$

Matematičkim rješavanjem ovoga izraza pomoću složenih metoda iteracije dolazi se do rezultata da kod ovog primjera $t = 5,7$ godina. Dakle nakon 5,7 godina plovilo treba nadomjestiti novim ukoliko se uvažavaju samo financijski razlozi. Dakako, svako pojedino plovilo iziskuje zasebno računanje idealnog vremena zamjene, te bi svako generaliziranje bilo nemoguće zbog zasebnih osobina, kao što su koeficijent C (koeficijent pada vrijednosti), te koeficijent D (koeficijent porasta troškova) svakog plovila.

4. Zaključak

1. Zamjena plovila novim značajan je izdatak te će potencijalni kupac dobro moći izračunati optimalno vrijeme.
2. Vrijeme zamjene plovila nastupa u trenutku kada vrijednost ukupnog godišnjeg koštanja plovila dostigne trenutnu vrijednost plovila.
3. Svako pojedino plovilo iziskuje zasebno računanje zbog različitih koeficijenata C (koeficijent pada vrijednosti) i D (koeficijent porasta troškova) svakog plovila.
4. Za jedan konkretan iskustveni primjer to je vrijeme od 5,7 godina

Literatura

- [1] Dr. Babić, Mate: MAKROEKONOMIJA, Mate, Zagreb, 2001.
- [2] Dr. sc. Brajdić, Igor: MODELI ODLUČIVANJA, Sveučilište u Rijeci, Hotelijerski fakultet Opatija, 1998.
- [3] Dipl. ing. Brandenberger, J.; Dipl. Ing Konrad R.: TEHNIKA MREŽNOG PLANIRANJA, Tehnička knjiga Zagreb, 1970.
- [4] Dr. Dobrenić, Slavko: OPERATIVNO ISTRAŽIVANJE, Fakultet organizacije i informatike Varaždin, Varaždin, 1978.
- [5] Kaufmann, A.; Faure, R.: INVITATION A LA RE'CHERCHE OPE'RATIONNELLE, Dunod, Paris, 1970.
- [6] Kaufmann, A.: ME'THODES ET MODE'LES DLA RE'CHERCHE OPERATIONNELLE, Dunod, Paris, 1970.
- [7] Dr. Kesić, Blanka; Dr. Počuča, Milojka: EKONOMIKA BRODARSTVA-VJEŽBE, Visoka pomorska škola u Rijeci, Rijeka, 2001.
- [8] Klapić, Damir; Mornar, Vedran: OPERACIJSKA ISTRAŽIVANJA, Zeus, Zagreb, 1996.
- [9] Dr. Kovač, Bela: FUNDAMENTALNI MATEMATIČKI METODI U EKONOMIJI PROIZVODNIH I DRUGIH ORGANIZACIJA UDRUŽENOG RADA, Ekonomski fakultet OOUR institut za organizaciju poslovanja, Subotica, 1982.
- [10] Meško, Ivan: OPTIMIZACIJA POSLOVANJA, Univerza v Mariboru, Maribor, 1999.
- [11] Petrić, Jovan: MREŽNO PLANIRANJE I UPRAVLJANJE, Informator, Zagreb, 1970.
- [12] Dr. Petrić, Jovan: OPERACIONA ISTRAŽIVANJA I, Naučna knjiga, Beograd, 1987.
- [13] Dr. Petrić, Jovan; Dr. Kojić, Zdravko; Mr. Šarenac, Lazar: OPERACIONA ISTRAŽIVANJA-ZBIRKA REŠENIH ZADATAKA, Naučna knjiga, Beograd 1988.
- [14] Dr. Šakić, Nikola; Dr. Oluić, Čedomir; Benić, Dalibor: OPERCIJSKA ISTRAŽIVANJA U MULTIMODALNOM TRANSPORTU, Fakultet za pomorstvo i saobraćaj Rijeka, Rijeka 1988.

Igor Rudan
Dinko Zorović

Contribution to the Timing of Vessel' Retirement

Summary

This paper deals with assessment of mathematically best time for vessel's replacement with a new one, with regard for vessel's features.

The proposed computing method has been based on vessel's aging and depreciation and her maintenance requirements.

Having in mind that vessel's aging and depreciation are natural processes, presumably their courses follow the natural logarithm inverted exponential curve. Maintenance cost, counterbalancing the aging process and breakage of particular assembly elements, are also dependent on certain natural processes including the human element as maintenance performer and a natural element itself, all of them presumably following the natural logarithm reciprocal value. The study also presents the method for computation of coefficients defining particular vessel's features, thus making the system applicable to vessels of any features whatsoever.

Key words: vessel's replacement, mathematically best time

Contributo per stabilire il momento di sostituzione di un natante con uno nuovo

Sommario

Il saggio presenta un procedimento matematico che, in base alle caratteristiche del natante, permette di calcolare l'attimo più propizio di sostituzione del natante vecchio con uno nuovo.

Il metodo di calcolo proposto si basa sulle particolarità di degrado del natante nel corso del tempo ed i costi necessari alla manutenzione. Essendo l'invecchiamento della nave, e quindi la riduzione del suo valore, un processo naturale si presuppone che il degrado segua una curva esponenziale inversamente al logaritmo naturale. I costi di manutenzione in antitesi all'invecchiamento e al degrado delle strutture dipendono da processi naturali, ma anche dall'uomo che opera, egli stesso elemento della natura, ed è quindi da supporre un andamento dei costi in senso reciproco al valore del logaritmo naturale. Nel saggio viene inoltre presentato un metodo di calcolo di coefficienti che permette di stabilire le qualità particolari di un singolo natante ma che può venir applicato a natanti con caratteristiche diverse.

Parole chiave: sostituzione di natante, calcolo matematico per stabilire l'attimo più opportuno di sostituzione