

UDK 528.088.3
528.489:629.12
Pregledni članak

UTJECAJ NESTACIONARNOSTI MJERENIH VELIČINA PLOVEĆIH OBJEKATA NA TOČNOST NJIHOVA ODREĐIVANJA GEODETSKIM METODAMA

Petar CEROVAC — Split*

SAŽETAK. U članku se, na primjeru iz brodogradnje, razmatra utjecaj nestacionarnosti na točnost podataka određenih geodetskim metodama mjerenja.

1. UVOD

Obično se pretpostavlja da se parametri rasporeda mjerene (slučajne) veličine tokom vremena ne mijenjaju, tj. da su te veličine stacionarne. Iako, strogo uzevši, slučajne veličine ne mogu biti stacionarne općenito je prihvaćena njihova podjela na:

— stacionarne, s vremenom nepromjenljive veličine, kod kojih su promjene vrlo male, praktično zanemarljive,

— nestacionarne, s vremenom promjenjive veličine, kod kojih su promjene znatnije (Kostrenčić 1979).

Vječitu promjenljivost lijepo iskazuje pjesnik Preradović:

»Stalna na tom svijetu
samo mijena jest!«

kao i izreka grčkog filozofa Heraklita (oko 540—480. p.n.e.): »Sve teče sve se mijenja.«

2. OCJENA TOČNOSTI MJERENJA NESTACIONARNIH VELIČINA

Ako je nestacionarnost promatrane veličine znatnija, pri ocjeni točnosti njena mjerenja treba je uzeti u obzir. Pri tome se mjerena veličina definira kao funkcija vremena, prostora i instrumenta kojim se mjeri:

$$y = F(t, s, i), \quad (1)$$

gdje je:

- t — ovisnost veličine y o vremenu,
- s — ovisnost veličine y o prostoru,
- i — ovisnost veličine y o instrumentu.

* Mr. Petar Cerovac, Fakultet građevinskih znanosti, Split, V. Masleše bb.

Prema teoriji pogrešaka srednju pogrešku mjerene veličine predstavlja izraz:

$$m_y = (m_{y,t}^2 + m_{y,s}^2 + m_{y,i}^2)^{1/2}, \quad (2)$$

gdje je:

$m_{y,t}$ — pogreška promatrane veličine nastala zbog mjerenja u različito vrijeme,

$m_{y,s}$ — pogreška promatrane veličine nastala zbog mjerenja u različitim točkama prostora,

$m_{y,i}$ — pogreška promatrane veličine nastala pod utjecajem instrumenta kojim se mjeri.

Formula (2) vrijedi ako je:

— broj mjernih točaka u prostoru $N_s = 1$,

— broj nezavisnih mjerenja u odabranoj točki prostora i u određenom vremenu $N_t = 1$,

— broj nezavisnih mjerenja na svakom instrumentu $N_i = 1$.

Ako ove vrijednosti nisu jednake jedinici, srednja pogreška mjerene veličine y određuje se po formuli:

$$m_{\bar{y}} = (m_{\bar{y},t}^2 + m_{\bar{y},s}^2 + m_{\bar{y},i}^2)^{1/2}. \quad (3)$$

Pritom je odstupanje mjerene od prave vrijednosti:

— zbog mjerenja u različito vrijeme

$$m_{\bar{y},t} = \frac{m_{y,t}}{(N_i N_s N_t)^{1/2}}; \quad (4)$$

— zbog utjecaja instrumenta kojim se mjeri

$$m_{\bar{y},i} = \frac{m_{y,i}}{(N_i N_s)^{1/2}}; \quad (5)$$

— zbog mjerenja u različitim točkama prostora

$$m_{\bar{y},s} = \frac{m_{y,s}}{(N_s)^{1/2}}. \quad (6)$$

Ako se veličine određene formulama (4), (5) i (6) uvrste u formulu (3), dobije se pogreška mjerenja promatrane veličine (Wyler 1975, Kerčen 1979):

$$m_{\bar{y}} = \left\{ \frac{1}{N_s} \left[m_{y,s}^2 + \frac{1}{N_i} \left(m_{y,i}^2 + \frac{m_{y,t}^2}{N_t} \right) \right] \right\}^{1/2}. \quad (7)$$

Ove pogreške često je vrlo teško, gotovo nemoguće razlučiti.

3. ODREĐIVANJE VELIČINE SAVIJANJA PLOVEĆIH OBJEKATA I PLUTAJUĆIH DOKOVA

Pri geodetskim mjerenjima pretpostavlja se da se mjerena veličina s vremenom ne mijenja, da je stalna, iako se, kako je već rečeno, strogo uzevši, s vremenom sve mijenja (Bilajbegović 1988). Za kraće vremensko razdoblje, kao što je trajanje geodetskih radova, uzima se da su ove promjene beznačajne, zanemarljive (Jovanović 1978). Međutim, ako su one u kraćim vremenskim razmacima znatnije, treba ih uzeti u obzir.

U ovom radu razmatrat će se ova pojava pri određivanju veličine savijanja plovećih objekata i plutajućih dokova. Pritom se primjenjuju optički i hidraulički indikatori defleksija (za plutajuće dokove), defleksometri i geodetski instrumenti (obično teodolit) (Wyler i dr. 1974, Pleš 1969). U našoj brodogradnji optički i hidraulički indikator defleksija justira se prema podacima određenim geodetskim metodama mjerenja, prema veličinama s većom težinom. Pritom se geodetske metode mjerenja primjenjuju isključivo u vremenu mirnog mora. Na taj se način eliminira utjecaj stanja mora, odnosno vremenski utjecaj. Ako se ovaj uvjet ne može ostvariti, treba voditi računa o vremenskom utjecaju.

Osim toga, na veličinu savijanja, ovisno o mediju u kojem se ploveći objekti, odnosno plutajući dokovi, nalaze (plove, plutaju na granici dvaju medija, vode i zraka), utječe i temperatura. Kako se, međutim, uslijed ovog utjecaja veličina savijanja relativno sporo mijenja, ona u ovim razmatranjima nije ni uzeta u obzir. Inače, promjena temperature u našem podneblju, ovisno o obliku, dimenziji i masi plovećeg objekta, odnosno plutajućeg doka, može biti uzrokom promjene veličine savijanja i do nekoliko centimetara (iskustveni podatak), o čemu se pri utvrđivanju konačne vrijednosti promatrane veličine vodi računa.

Način određivanja veličine savijanja plovećih objekata, odnosno plutajućih dokova, pod pretpostavkom da je stacionarna (zanemareno valno gibanje mora), shematski je prikazan na:

- sl. 1. a, b i c, slučaj kad se ne uzimaju u obzir tehničke pogreške izrade,
- sl. 1. d, slučaj kad se one uzimaju u obzir.

Pritom je veličina savijanja:

$$f_i = l_0 - l_i, \quad i = 1, 2, \dots, n \begin{cases} l_0 < l_i & \text{progib} \\ l_0 > l_i & \text{pregib} \end{cases} \quad (8)$$

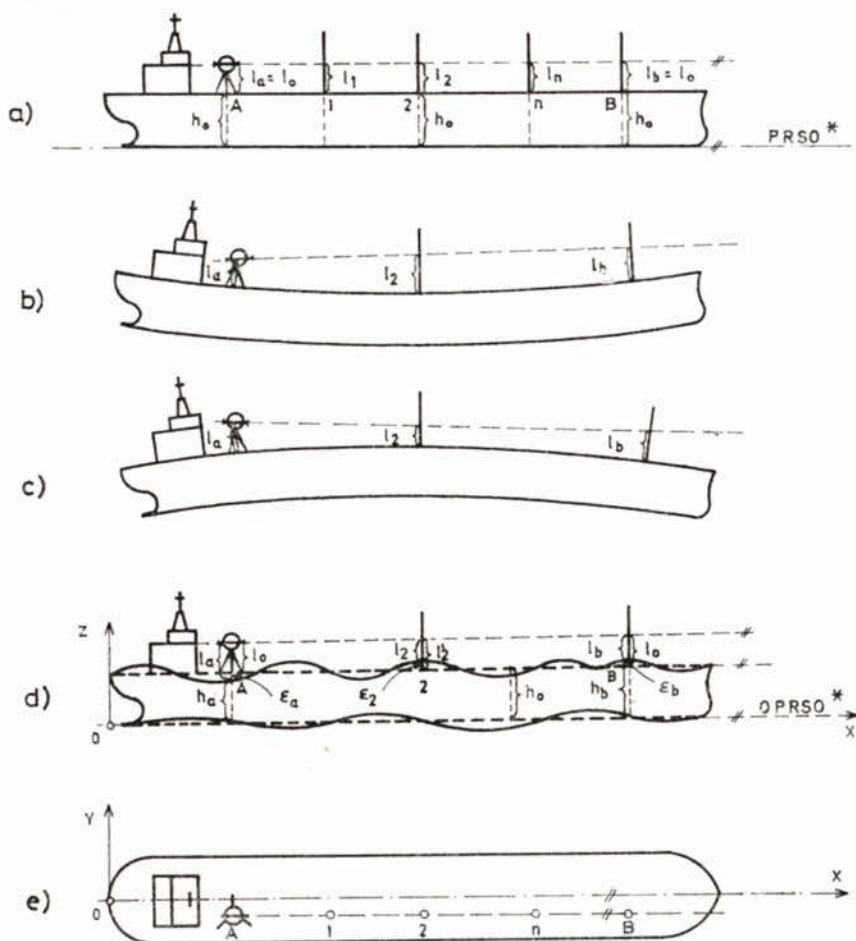
gdje je:

- ako se ne uzimaju u obzir tehničke pogreške izrade:

$$l_0 = l_a = l_b, \quad (9.a)$$

- ako se one uzimaju u obzir:

$$l_0 = l_a \pm \varepsilon_a = l_b \pm \varepsilon_b \quad (9.b)$$



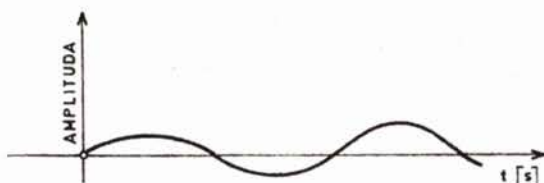
Sl. 1. Određivanje veličine savijanja plovećih objekata

$$l_i = l'_i \pm \varepsilon_i \text{ (predznak } \varepsilon^{**} \text{ odgovara predznaku osi } z). \quad (9.c)$$

Ako je veličina savijanja nestacionarna, ona se određuje također na način prikazan na sl. 1. Međutim, za razliku od prethodnog slučaja, u kojem u obzir nije bila uzeta njena promjenljivost, u ovom slučaju veličinu savijanja predstavlja procijenjena prosječna vrijednost izmjerenih amplituda u nešto dužem vremenskom razdoblju. Ovisno o valnom gibanju mora, ovo vremensko razdoblje obično iznosi nekoliko sekunda. Pritom se smatra da se međusobni odnos točaka A i B ne mijenja, odnosno da promjeni položaja jedne odgovara promjena položaja druge.

*PRSO (OPRSO) — presječnica ravnine simetrije s osnovicom (optimalne PRSO)

** ε — tehnička pogreška izrade.



Sl. 2. Promjena veličine savijanja kod plovećih objekata u jednoj točki s vremenom

3.1. Ocjena točnosti određivanja veličine savijanja plovećih objekata, odnosno plutajućih dokova ako se uzme da je ona nestacionarna

Ova razmatranja vezat će se uz sl. 1. Prema situaciji prikazanoj na toj slici je $N_s = N_i = 1$. Kako se u ovom slučaju, zbog prirode mjerene veličine (veličine savijanja plovećih objekata, odnosno plutajućih dokova), ne može govoriti o njenoj nejednolikoj raspodjeli, to je $m_{s,s} = 0$ (gdje je S oznaka veličine savijanja). Pri mjerenju nestacionarne veličine bitno je voditi računa o vremenu njenih slučajnih promjena. Pritom treba nastojati da vrijeme između pojedinih izmjera mjernih veličina neposredno prati ove promjene, jer tada je pogreška mjerenja promatrane veličine zbog mjerenja u različitim vremenima jednaka nuli ($m_{s,t} = 0$). Očekuje se da se određivanje veličine savijanja plovećih objekata, odnosno plutajućih dokova, može obaviti uz uvjet da vremensko razdoblje između očitavanja bude približno jednako vremenskom razdoblju promjene promatrane veličine ($N_t = 1$). Uz pretpostavku da je $N_s = N_i = N_t = 1$ i $m_{s,s} = 0$ formula (7) poprimit će oblik:

$$m_s = (m_{s,i}^2 + m_{s,t}^2)^{1/2}, \quad (10)$$

gdje:

- a) pogreška $m_{s,i}$ sadrži sumarni utjecaj niza, uglavnom, ovih pogrešaka:
- m_v viziranja,
 - m_{el} čitanja letve,
 - m_{ei} centriranja instrumenta i m_{et} centriranje letve (utjecaj ovih pogrešaka je i pri približnom centriranju beznačajan, zanemarljiv),
 - m_{hi} mjerenja visine instrumenta,
 - m_r refrakcije i m_t treperenja zraka (utjecaju ovih pogrešaka, zbog materijala, brodograđevnog čelika, od kojeg su izgrađeni objekti na koje se odnose ova promatranja, treba posvetiti posebnu pažnju jer mogu biti znatni).

Ova pogreška odgovara pogrešci mjerenja promatrane veličine ako se uzima da je stacionarna.

- b) pogreška $m_{s,t}$ predstavlja pogrešku mjerenja nastalu zbog nestacionarnosti iste veličine.

U ovom slučaju, zbog stalne promjenljivosti promatrane veličine, ove pogreške teško je razlučiti. Međutim, do bar približnih vrijednosti svake od njih može se doći slijedećim postupkom:

Odredi se stanje mora pri kojem se veličina savijanja plovećeg objekta, odnosno plutajućeg doka, smatra stacionarnom (zanemareno valno gibanje mora). Potom se na način prikazan na sl. 1. odredi navedena veličina. Uspo-

redujući pogrešku njena određivanja kad se uzima da je stacionarna i kad se uzima da nije stacionarna, dolazi se do dijela pogreške izazvane nestacionarnošću navedene veličine za odnosno vremensko razdoblje.

4. NAPOMENA

Cilj je ovih razmatranja da se ukaže na mogućnost kako se i prilikom primjene geodetskih metoda mjerenja mogu očekivati pojave kod kojih je utjecaj nestacionarnosti mjerene veličine na točnost njena određivanja znatan, te da o tome treba voditi računa. Inače, kad god nestacionarnost veličine koja se mjeri bitno ne utječe na promjenu njene vrijednosti, uzima se da je ona stacionarna.

LITERATURA:

- Bilajbegović, A. (1988): Utjecaj plimnih valova zemlje na osnovne geodetske radove, *Geodetski list*, 1988, 4—6, 103—116.
- Jovanović, M. (1978): Račun izravnjanja 1, skripta, Beograd 1978.
- Kercen, V. (1979): Nestacionarnost — uzrok dodatne greške mjerenja, *Zbornik radova JUREMA*, 1979, 3. svezak, 19—26.
- Kostrenčić, Z. (1979): Statistika u tehnici mjerenja, Zagreb 1979.
- Pleß, E. A. (1969): Anwendung der Laser-Technik im Schiffbau, *Schiff und Hafen*, 1969, 8, 650—652.
- Takahashi, Y., Nose, Y., Nakashima, K., Kouno, A. (1974): Development of a Dynamic Ship Deflection Meter, *Japan Shipbuilding & Marine Engineering*, 1974, 2, 31—36.
- Wyler, J. S. (1975): Estimating the Uncertainty of Spacial and Time Average Measurements, *trans of ASME, Journal of Engineering for Power*, 1975, october, 473—476.

THE INFLUENCE OF NON-STATIONARY FEATURES OF MEASUREMENT VALUES AT FLOATING OBJECTS UPON THE ACCURACY OF THEIR DETERMINATION BY GEODETIC METHODS

Using an example from shipbuildings the influence of non-stationary features upon the accuracy of data obtained by geodetic measurement methods is discussed.

Primljeno: 1991-05-05