



# Upotreba izabranih pozicija u suvremenoj astronomskoj navigaciji

Prof. Miloš S. Lipovac, Kotor

## I.

Određivanje pozicije broda astronomskim opažanjima, kada je brod na otvorenom moru, vrši se svakodnevno više puta na dan.

Da bi se što prije došlo do pozicije broda, upotrebljavaju se razne tablice, grafikoni ili naročite sprave, koje olakšavaju određivanje visine nebeskog tijela za odgovarajuću poziciju.

Ima brodova koji ne posjeduju nijedno od pomenutih sredstava, iako tablice i grafikoni ne predstavljaju naročiti izdatak, i određivanje pozicije broda vrši se i danas raznim trigonometrijskim formulama, i to u **potpunosti računskim putem**. Ovaj zastarjeli način upotrebljava se još i u nekim školama.

U ovom članku pokazat će se kako se dolazi do istog rezultata, mnogo lakše i brže, koristeći se »izabranom pozicijom« za račun visine nebeskih tijela, a zatim grafičkim načinom za određivanje pozicije broda.

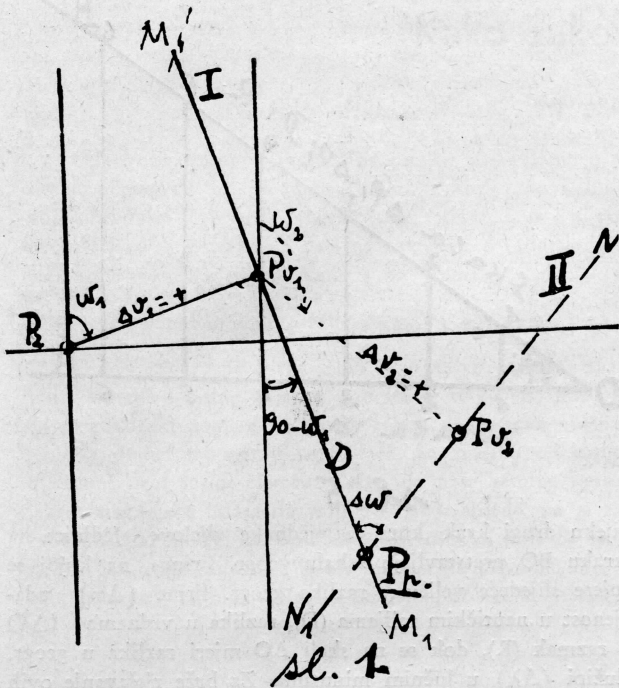
Da bi se uvidjela prednost određivanja koordinata pozicije broda sa »izabranim pozicijama«, pokazat će se i način računskog određivanja, koji još, bez opravdanih razloga, mnogi naši pomorci u punoj mjeri upotrebljavaju.

## II.

**Računsko određivanje pozicije broda** sa opažanjima dva razna nebeska tijela, koja su učinjena u istom času, sastoji se iz **četiri razna računa**. (slika 1).

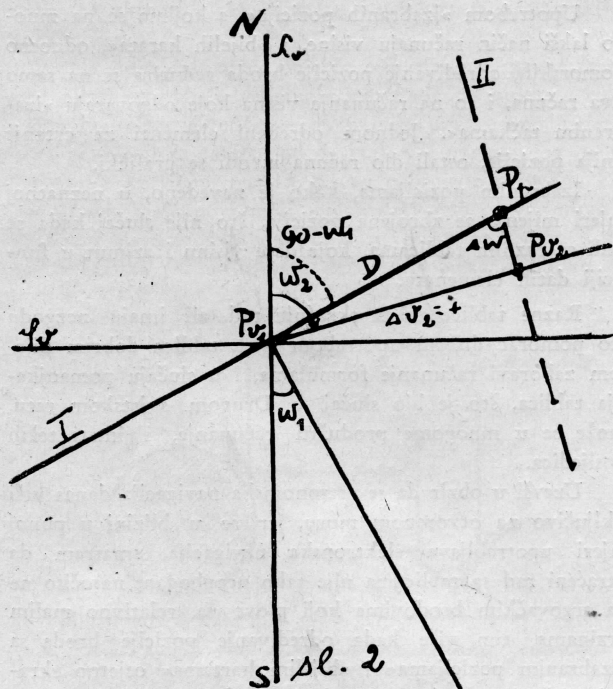
Sa **prvim računom** određuju se elementi za crtanje prve linije pozicije I. i to: azimuta ( $W_1$ ) i razlike u visinama ( $\Delta V = V_{O_1} - V_{r_1}$ ), gdje  $V_{O_1}$  znači ispravljena izmjerena visina nebeskog tijela koji je bio ranije opažen, a  $V_{r_1}$  izračunata visina istog nebeskog tijela. Elementi: azimut i izračunata visina određuju se sa zbrojenom pozicijom ( $Pz$ ), deklinacijom posmatranog nebeskog tijela ( $\delta$ ) i njegovim mjesnim satnim kutom ( $s$ ).

Sa **drugim računom** određuju se koordinate popravljene pozicije, odnosno pozicije Mark Sen Iler ( $Pv_1$ ). Koordinate ove pozicije dobiju se rješenjem loksodromskog zadatka, u kojem se zbrojena pozicija ( $Pz$ ) smatra pozicijom polaska; razlika u visinama ( $\Delta V$ ) kao udaljenost ( $D$ ), a azimut pravi kao kurs pravi  $Kp$ , ukoliko je razlika visina pozitivna. Kada je ova razlika negativna, tada se kurs pravi dobije povećavajući azimut za  $180^\circ$ .



Sa trećim računom određuju se elementi za crtanje druge linije pozicije II, i to: drugi azimut ( $W_2$ ) i druga razlika u visinama ( $\Delta V_2$ ). Visina drugog po redu osmatranog nebeskog tijela računa se sa koordinatama popravljene pozicije tj. sa  $P_{v1}$ , a ne sa zbrojenom pozicijom  $P_z$ .

Sa četvrtim računom određuju se koordinate pozicije broda ( $P_p$ ), i to tako da se ponajprije odredi udaljenost ( $D$ ) od prve popravljene pozicije ( $P_{v1}$ ) do pozicije broda ( $P_p$ ) i to pomoću razlike u azimutima posmatranih tijela, ( $\Delta W$ ) i razlike u visinama drugog po redu tijela ( $\Delta V_2$ ). Po određivanju ove udaljenosti rješava se ponovo loksodromski zadatak, polazeći od popravljene pozicije dobivene prvim osmatranjem  $P_{v1}$ , kao sa pozicijom polaska, dobijenom udaljenošću  $D$ , i kursom koji odgovara komple-



mentu prvog azimuta ( $90 - W_1$ ), što proizlazi iz slika 1. i 2. Kao što iz ovih slika proizlazi, prava pozicija broda nalazi se u presjeku prve i druge linije pozicije.

Ako razmak vremena u osmatranju nebeskih tijela nije veći od tri minute, a brzina broda nije veća od 10 Nm., tada se može zanemariti put koji je učinjen u pomenutom razmaku vremena, jer i za tri minute put iznosi samo 0.5 Nm. Za veće razmake vremena, ili veće brzine, treba voditi računa o prevaljenom putu u razmaku vremena, i u tom slučaju određuje se zbrojena pozicija za trenutak drugog posmatranja.

Izračunata visina za prvi i treći navedeni račun može se odrediti pomoću raznih trigonometrijskih formula i tablica. Osnovna formula za račun visine je:

$$\sin Vr = \sin \varphi \cdot \sin \delta + \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos S \dots\dots\dots I)$$

Iz ove formule dobija se sljedeća logaritamska formula:

$$\text{tg } X = \cot \delta \cdot \text{coss } s \dots\dots\dots 1)$$

$$\sin Vr = \sin \delta \cdot \sin (\varphi + X) \cdot \sec X \dots\dots\dots II).$$

Radeći ovim formulama I.) i II.) ima se voditi računa o predznacima goniometrijskih funkcija. Da bi se na jednostavniji način dobila računaska visina, prof. Carić u svojim Nautičkim tablicama, izdanim 1923. god. u Kotoru, upotrebio je sljedeću formulu:

$$\sin^2 \frac{z}{2} = \sin^2 \frac{s}{2} \cdot \cos^2 \frac{\varphi + \delta}{2} + \cos^2 \frac{s}{2} \cdot \sin^2 \frac{\varphi - \delta}{2} \dots\dots\dots III)$$

Ovom formulom dobija se zenitna udaljenost ( $z$ ), koja je komplement visine. Upotrebljavajući ovu formulu nije potrebno voditi računa o predznacima goniometrijskih funkcija budući su svi svi članovi formule izraženi kvadratima, pa je zato ovaj način računanja visine nebeskog tijela, potrebit za svakodnevnu astronomsku navigaciju, bio rado prihvaćen kod pomoraca. Koristeći Gaussove logaritme zbira, lako se određuje logaritam  $\sin^2 \frac{z}{2}$  iako formula III. nije logaritamska.

Slična formuli III. je sljedeća:

$$\cos^2 \frac{z}{2} = \sin^2 \frac{s}{2} \cdot \sin^2 \frac{\varphi + \delta}{2} + \cos^2 \frac{s}{2} \cdot \cos^2 \frac{\varphi - \delta}{2} \dots\dots\dots IV)$$

koju je u svojim Nautičkim tablicama upotrebio prof. Simović, a koje je izdalo Ministarstvo pomorstva 1948. god.

Obe ove formule III) i IV) nalaze se u Nautičkim tablicama koje je izdala Jugoslavenska ratna mornarica 1951. godine.

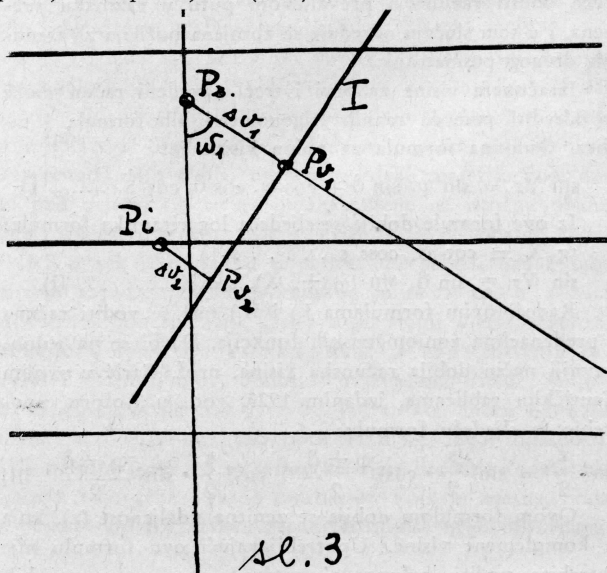
### III.

#### Određivanje pozicije broda pomoću »izabranih pozicija« na »bijelim kartama«.

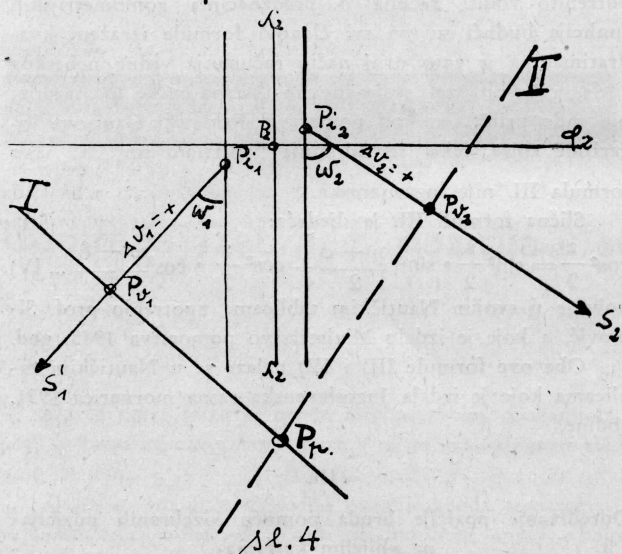
Kao što je poznato, zbrojena pozicija ( $P_z$ ) je manje ili više netačna. Ona je utoliko tačnija, ukoliko je manje vremena proteklo od posljednjeg određivanja pozicije broda. Tim u vezi, a da bi se ukoliko je više moguće izbjegle interpolacije u računanju visine posmatranog nebeskog tijela, zbrojena se pozicija zamijeni sa »izabranom« ( $P_i$ ) u toj mjeri što se geogr. širina i dužina zbrojene pozicije promijene za nekoliko desetina minuta, kako bi se izbjegle interpolacije, bar u nekim članovima formula III) i IV). Ako se koriste američke tablice HO 214 ili njima slične, tada se geogr. širina »izabrane pozicije« zaokružuje na obližnje pune stepene, a geogr. dužina zbrojene pozicije izmijeni se u toj mjeri da se mjesni satni kut ( $s$ ) dobije takođe samo u pune stepene, jer se u pomenute tablice ulazi samo sa punim stepenima »izabrane pozicije«.

Ako su osmatranja učinjena u istom trenutku, svakom opažanju odgovara »izabrana pozicija«, dakle za osmatranja dva nebeska tijela postoje dvije »izabrane pozicije«  $P_{i1}$  i  $P_{i2}$ .

Promjenom zbrojene pozicije sa »izabranom pozicijom«, mijenja se razlika u visinama  $\Delta V$ , kao i popravljena pozicija, odnosno pozicija Mark Sen Iler, ali linija pozicije ostaje ista, jer se azimut nije promijenio za male promjene u pozicijama (sl. 3).



sl. 3

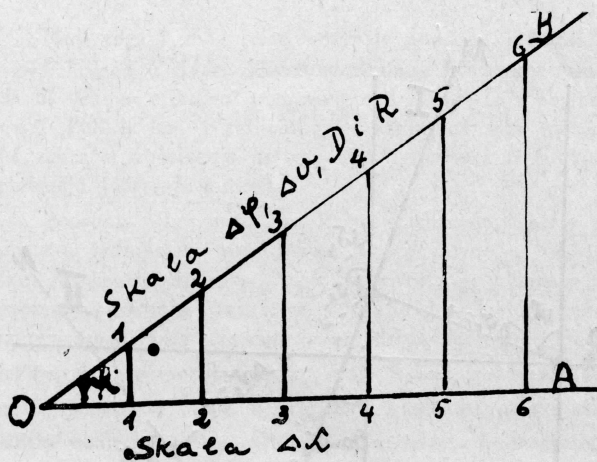


sl. 4

Da bi se dobila pozicija broda, pozicije  $P_{i1}$  i  $P_{i2}$  unesu se na pomorsku ili »bjelu kartu«, a u nedostatku ovih karata na običnoj hartiji, pa se zatim sa elementima prve i druge linije pozicije tj. sa  $W_1$  i  $\Delta V_1$  te  $W_2$  i  $\Delta V_2$  nacrtaju linije pozicije. I i II. Koordinate tačke presjeka linija pozicija I. i II. odgovaraju koordinatama pozicije broda Pp. (slika 4).

Ako se crtež radi na običnoj hartiji, tada je potrebno za odgovarajuću geogr. širinu nacrtati »skale širina i dužina«, koje odgovaraju Merkatorovoj karti. Skale se na jednostavan način određuju grafičkim putem, i to kako slijedi (slika 5).

Nacrta se kut AOB, koji odgovara geogr. širini »izabranih pozicija«. Na horizontalnoj pravoj liniji AO uzme se po volji jedinica »skale dužina« napr. 1' jednako 1 cm., i iz pojedinih jedinica skale podignu normale. Ove normale



sl. 5

sijeku drugi krak kuta na jednake djelove. Jedinice na kraku BO predstavljaju »skalu geogr. širine«, na kojoj se mjere slijedeće veličine: razlika geogr. širine ( $\Delta\varphi$ ), udaljenost u nautičkim miljama (D), razlika u visinama ( $\Delta V$ ) i razmak (R), dok se na skali AO mjeri razlika u geogr. dužini ( $\Delta\lambda$ ) u lučnim minutima. Za brže rješavanje ovih zadataka, a u nedostatku pomorskih ili »bijelih karata«, mogu se na kartonu nacrtati skale Merkatorove karte za razne geogr. širine. Ovakav dijagram Merkatorovih širina nalazi se u Nautičkim tablicama prof. Simovića.

Zadatak se može riješiti još lakše i brže crtajući samo skalu geogr. širina, koja se uzme po volji, napr. jedan lučni minut jednak 1 cm, kako bi se lako uočile i desetine lučnih minuta. U ovom slučaju, udaljenost između dva meridijana izmjerena na crtežu na hartiji, a zatim na skali širina predstavlja stvarno razmak (R). Imajući razmak, razlika u geogr. dužini nalazi se formulom:

$$\Delta\lambda = R \sec. \varphi \text{ i} \dots V$$

koja se rješava prirodnim vrijednostima goniometrijskih funkcija, ili pomoću Nautičkih tablica i to tablica I. ili II.

IV.

Upotrebom »izabranih pozicija«, s kojima se na mnogo lakši način računaju visine, i »bijelih karata«, odnosno pomorskih, određivanje pozicije broda reducira se na samo dva računa, i to na računanje visina koje odgovaraju »izabranim tačkama«. Jednom određeni elementi za crtanje linija pozicija, ostali dio računa izvodi se grafički.

Izabranim pozicijama, kako je navedeno, u neznatnoj mjeri mijenja se zbrojena pozicija, što nije slučaj kada se radi sa raznim tablicama, koje daju visinu i azimut u funkciji datih elemenata.

Razne tablice zaista skraćuju rad, ali imaju nezgodu što pomorac dužom upotrebom ovih tablica dobrim dijelom zaboravi računanje formulama, i u slučaju pomanjkanja tablica, što je bio slučaj u Drugom svjetskom ratu, može se u mnogome produžiti računanje, i imati težih posljedica.

Uzevši u obzir da se astronomska navigacija danas vrši isključivo na otvorenom moru, jer se u blizini u punoj mjeri upotrebljava elektronska navigacija, smatram da skraćeni rad sa tablicama nije tako neophodan, naročito ne na trgovačkim brodovima koji plove sa relativno malim brzinama, tim više kada određivanje pozicije broda sa »izabranim pozicijama« i »bijelim kartama« osjetno skraćuje rješenje zadatka.