

# Nautičke tablice

UDK 591.6:656.6

Skup svih stalnih tablica kojim se navigator služi na brodu za kontrolu i određivanje svog položaja, kao i za rješenja ostalih navigacijskih zadataka, zovu se Nautičke tablice ili skraćeno NT. U njima mogu biti sadržane tablice za terestičku navigaciju, astronomsku navigaciju i ostale razne pomoćne tablice.

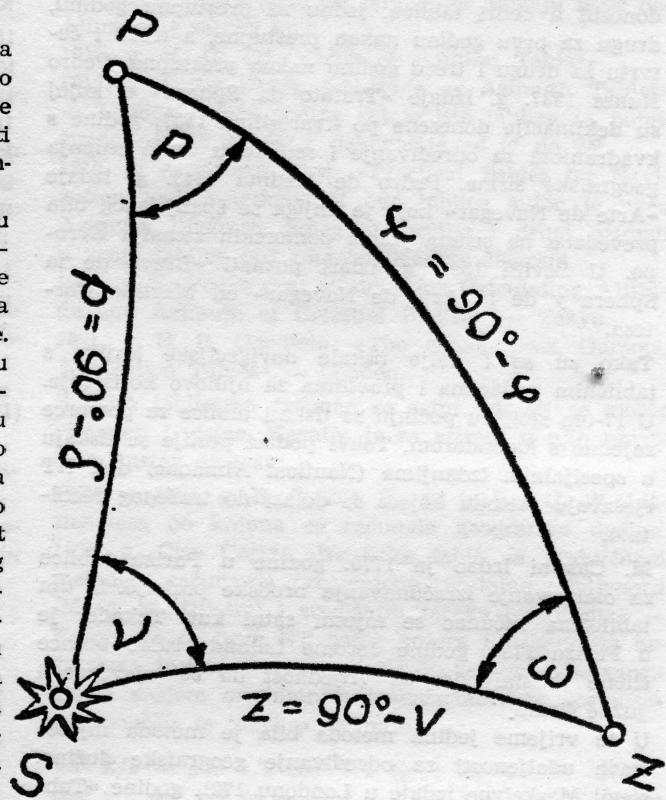
Budući da je kontrola i određivanje pozicije broda u terestičkoj navigaciji često i neovisno o nekim tablicama, to su NT uglavnom sastavljene za rješavanje zadataka u oceanskoj navigaciji tj. prvenstveno za potrebe astronomske, a time i ortodromske navigacije. Razvojem metoda astronomske navigacije razvijale su se NT. Uglavnom sve se one bave rješavanjem astronomsko-nautičkog sfernog trokuta položaja, kojem su vrhovi vidljivi nebeski pol, zenit motrioca i nebesko tijelo. U tom trokutu stranice su: od pola do zenita koširina, ili komplement širine motrioca; od pola do nebeskog tijela polarna udaljenost, ili komplement deklinacije nebeskog tijela; od zenita do nebeskog tijela zenitna udaljenost, ili komplement visine nebeskog tijela. Kut u zenitu je azimut, u polu je mjesečni satni kut nebeskog tijela, a u nebeskom tijelu paralaktički kut. Kutovi su uvijek manji od  $180^\circ$ , a stranice manje od  $90^\circ$  za tijela iznad horizonta, osim stranice polarne udaljenosti, koja za tijela čija je deklinacija raznoimena sa širinom, postaje veća od  $90^\circ$ .

\* \* \*

## Podjela NT

Prema tome kako se u pojedinim tablicama rješava astronomsko-nautički sferni trokut NT dijelimo na:

1. Klasične tablice u kojima se stranica ili kut rješava cosinusovim, sinusovim ili contagesovim poučkom sferne trigonometrije pomoću logaritama i prirodnih vrijednosti trigonometrijskih funkcija. U tablice se ulazi s pojedinačnim argumentima i koristila se zbrojena pozicija.
2. Tablice rastavljanja trokuta u kojima se do stranice i kuta dolazi Napierovim pravilom za pravokutni sferni trokut. Astronomsko-nautički sferni trokut rastavlja se na dva pravokutna, spuštajući okomicu iz jednog vrha. Razvila su se dva tipa ovakvih tablica. Tip S su tablice koje rješavaju trokut položaja spuštajući okomicu iz nebeskog tijela. Tip Z su tablice koje rješavaju trokut položaja spuštajući okomicu iz zenita. U oba tipa tablica do rezultata se dolazi ili logaritamski, ili kombinacijom gotovih rezultata i logaritama, ili gotovim rezultatima. U tablice se ulazi s dva ulazna argumenta i obično su pogodnije za rad s izabranom pozicijom, ali se može raditi i sa zbrojenom.
3. Tablice gotovih rezultata u kojima se do stranice i kuta iz trokuta položaja dolazi izravno s tri ar-



Slika 1.

- gumenta. Ove su tablice pogodnije za rad s izabranom pozicijom, ali se može raditi i sa zbrojenom pozicijom.
4. Azimutalne tablice u kojima se donose tabelirane gotove vrijednosti azimuta nebeskih tijela.
  5. Specijalne tablice s kojima se rješavaju ortodromski zadaci, blizumeridijanske visine ili izravno određuju koordinate broda na temelju snimljenih visina nebeskih tijela.

## Povijesni razvoj NT

Najstarije metode koje su se koristile na otvorenom moru bile su metode određivanja geografske širine pomoću meridijanske visine Sunca i pomoću visine Sjevernjače. Zato se prve NT smatraju one koje su donosile deklinaciju Sunca, te pravila i bročanu vrijednost korekcije izmjerene visine Sjevernjače. Prve takve tablice deklinacije Sunca sastavljene za potrebe pomoraca, potječu iz prve nautičke škole, koja je 1438. godine počela raditi u Sagresu. U Portugalu 1509. g. izlazi navigacijski udžbenik »Regimento do Astrolabio e do Quadrante«, u kojem se donose pravila za određivanje geografske širine visinom Sjevernjače i meridijanskom visinom Sunca. Zato udžbenik sadrži i tablice deklinacije Sunca u stupnjevima i mi-

nutama za svaki dan u podne koje su bile izračunate za Lisabon, za interval od 1473. do 1476. godine. To su u stvari bile prepisane tablice iz »Almanach Perpetuum« izdanim 1496. g. od Abrahama Zacuto. U Španjolskoj 1519. godine Fernandes de Enciso izdaje »Suma de Geographica« u kojem su također tiskane tablice deklinacije Sunca s pravilima za njihovo korištenje. Ova knjiga prevedena je na engleski 1540. godine, što su bile prve tablice i pravila tiskana na engleskom jeziku. Englezi su tablice deklinacije Sunca donosili u četiri tablice: jednu za prestupnu godinu, drugu za prvu godinu nakon prestupne, a treću i četvrtu za drugu i treću godinu nakon prestupne. Pedro Nunes 1537. g. izdaje »Tratato da Sphera« u kojoj su deklinacije donesene po kvartalima 1537. godine s kvadrantom za određivanje i redukciju broja stupnja geografske širine. Pedro de Medina 1545. g. izdaje »Arte de Navegar« koja je knjiga sa španjolskog bila prevedena na sedam jezika pomorskih zemalja Evrope. U Sevilli 1551. g. izlazi poznati »Brevo de la Sphera y de la Arte de Navegar« od Martina Cortesa.

Tako su se i dalje tiskale navigacijske knjige s tabličnim podacima i pravilima za njihovo korištenje. U 17-om stoljeću počinju se tiskati tablice za pomorce zajedno s kalendarom. Takvi podaci poslije se tiskaju u specijalnim izdanjima (Nautical Almanac) dok NT rješavaju metodu kojom se dolazi do traženog rezultata.

M. Cassini izdao je 1770. godine u Parizu tablice za olakšavanje izračunavanja brodske pozicije. S tim tablicama računao se mjesni satni kut. Također je u Parizu 1793. godine Jerome Lalande izdao tablice slične Cassinijevim za vrijednost do 60° sjeverne i južne širine.

U to vrijeme jedina metoda bila je metoda mjesečevih udaljenosti za određivanje geografske dužine. Nevil Maskelyne izdaje u Londonu 1781. godine »Tables Requisite to be used with the Nautical Ephemeris for finding Latitude and Longitude at Sea«. U ovim tablicama pomorci su mogli naći upute za korištenje efemerida, zatim su donosile tablice refrakcije, depresije, paralakse i polumjera Sunca i Mjeseca, kao i matematičke tablice s logaritima brojeva, te prirodne i logaritamske vrijednosti trigonometrijskih funkcija.

Računanje geografske dužine pomoću procjenjene širine, izmjerene visine i deklinacije nebeskog tijela počelo je 1787. godine. To je bila tzv. »Vremenska kratka metoda«, a računala se po formuli:

$\sin^2 s/2 = \cos S \sin (S-V) \sec \varphi \cos p$ , u kojoj je s mjesni satni kut, S je  $1/2 (\gamma + p + V)$ , V je visina,  $\varphi$  je geografska širina i p je polarna udaljenost. Ova formula potiče od francuskog pomorskog oficira Jeana Charles de Borda (1733-1799 g.) i bila je puno upotrebljavana u 19. stoljeću, pa su je mnogi autori NT rješavali svojim tablicama. Prema tome sve do 19-og stoljeća nije bilo stroge podjele između navigacijskih udžbenika, nautičkih almanaha, kalendara za pomorce i NT.

### Razvoj NT u 19-om stoljeću

U 19-om stoljeću astronomska navigacija je doživjela svoje t. zv. zlatno doba, jer se otkrila linija položaja

visinom nebeskog tijela (T. Sumner 1837. g.) i metoda visine (Marq St Hilaire 1875. g.). U ovom stoljeću javljaju se i rješenja trokuta položaja rastavljanjem na dva pravokutna trokuta. Prvi koji je uopće rastavio trokut položaja bio je Towson, koji je 1847. godine podijelio ortodromski trokut na dva pravokutna sferna trokuta.

Klasične tablice poznatijih autora kronološki su izlazile po godinama, autoru, naslovu i mjestu izdanja kako slijedi:

1800. g. Jose de Mendoza y Rios — »Coleccion de tablas para varios usos de la navigation« — Madrid. Iste tablice izlaze u Londonu 1809. g.

1802. g. Nathaniel Bowditch: »The New American Practical Navigator«. To je poznata navigacijska knjiga koja i danas još izlazi pod brojem H. O. 9. U njima su bile tiskane sve tablice koje su se onda koristile u navigaciji.

1803. g. John William Norie: »A complete set of Nautical Tables« — London. Ove poznate tablice izdavaju se i danas.

1821. g. Thomas Lynn: »Star Tables for more readily ascertaining the latitude and longitude at Sea during the night« — London. Isti autor 1825. g. izdaje »Nautical and Astronomical Tables«, a 1827. g. »Horary Tables«. Sve su tablice služile za određivanje dužine. 1829. g. James Inman: »Nautical Tables designed for the use of British Seamen«. U njima se tabeliraju prirodne vrijednosti kvadrata sinusa polovičnog kuta, (haversine), koji se poslije pojavljuje i kod mnogih drugih NT.

1834. g. Janet Taylor: »Principles of Navigation Simplified, with Lunar, Solar and Horary Tables with their application in Nautical Astronomy«. Ovo je jedina žena koja je bila autor jednih NT.

1838. g. James Gordon: »Specimen of Nautical Tables for finding the Lunar Distances and the Longitude by chronometer«.

1842. g. Gustav Klint: »Nautiska och Logarithmiska Tabellen« — Stockholm.

1851. g. Don Jose Sanchez y Cerquero: »Explicacion de las Tablas de Navegacion y Astronomica Nautica« — Madrid.

1855. g. Karlo Zamora sa sinovima Robertom i Ljudevitom: »Manuale del capitano contenente le regole, gli esempi e le tavole costanti per i calcoli di navigazione« — Trst. Ove tablice doživjele su nekoliko izdanje i bile su prve tablice upotrebljavane u našim pomorskim školama.

1863. g. Louis Hommey: »Table d'angles horaires« — Pariz.

1871. A. Breusing: »Nautische Hülftafeln« — Bremen.

1873. g. G. F. Martelli: »Tables of Logarithms« — New Orleans. Ovo su u početku bile tablice za račun satnog kuta i određivanje geografske dužine pomoću pet logaritamskih tablica, a kasnije su u novim izdanjima s njima računali visinu i azimut. Tablice su bile dosta popularne, jer je bila kratka i brza metoda, a upotrebljavali su ih i naši pomorci. Novija izdanja imala su naslov »Martelli's Navigational Tables«, a doživjele su izdanja na engleskom, francuskom, nizozemskom, španjolskom i talijanskom jeziku. Sa-



stoje se od šest zasebnih tablica iz kojih se vadi šest podataka u četveroimenkastim brojevima, bez interpolacije.

1874. g. Henry Raper: »The practice of navigation and nautical astronomy complete with Nautical Tables« — London.

1875. g. Oliver Byrne: »Treatise on Navigation and Nautical Astronomy — Tables« — Pariz.

1897. g. Percy Davis: »Chronometer Tables« — London. Ove su tablice bile namijenjene za određivanje geografske dužine pomoću Sunca.

### Klasične NT u 20-om stoljeću

1902. g. »Nautische Tafeln« — Pula. Izdao ih Hidrografski ured Austrijske mornarice.

1905. g. Percy Davis: »Requisite Tables« — London. U njima se prvi put donose logaritmi i prirodne vrijednosti t. zv. haversinih argumenata. Visina se računala po formuli:

$$\text{hav } Z = \text{hav } (\varphi - d) + \cos \varphi \cos d \text{ hav } s.$$

Nav je kratica od haversine, a označuje kvadrat sinusa polovičnog argumenta, pa gornju formulu možemo pisati:

$$\sin^2 Z/2 = \sin^2 1/2 (\varphi - d) + \cos \varphi \cos d \sin^2 s/2. (1)$$

Ove tablice nisu donosile nikakovu formulu za azimut.

Za računanje zenitne daljine po formuli (1) sastavljene su i mnoge kasnije izdate NT. Shema računanja bila je slijedeća:

log cos $\varphi$	=		=	+	sin <sup>2</sup> 1/2 ( $\varphi - d$ )	=		+
log cos $d$	=		=			=		
log sin <sup>2</sup> $s/2$	=		=			=		
log $K$	=		=		$K$	=		
					sin <sup>2</sup> $Z/2$	=		
					$Z_r$	=		

1908. g. A. Vital i F. Bitschof: »Tavole e proutuari per i calcoli di navigazione« — Beč. Ove su tablice bile upotrebljavane u našim pomorskim školama. Zenitnu daljinu računalo se po formuli (1), a azimut po ABC tablicama.

1913. g. H. O. 200: »Altitude, Azimuth and Line of position« — Washington. To su tablice izdanja Hidrografskog instituta (Hydrographic Office) SAD, čija sva



$s =$		lg cos <sup>2</sup> 1/2 ( $\varphi + d$ )	=		+	lg cos <sup>2</sup> $s/2$	=		+
$\varphi =$	+/-	lg sin <sup>2</sup> $s/2$	=			lg sin <sup>2</sup> 1/2 ( $\varphi - d$ )	=		
$d =$			=				=		
$\varphi + d =$		lg $a$	=			lg $b$	=		
$\varphi - d =$		$B$	=			$A$	=		
		lg sin <sup>2</sup> $Z/2$	=				=		
		$Z_r$	=				=		

izdanja imaju oznaku H. O. i broj. U ovim tablicama bile su donesene tablice za rješavanje po haversinoj formuli i računanje visine i azimuta po tablicama Aquina.

1914. g. Guyou: »Nouvelles Tables de Navigation« — Pariz. Novost u ovim tablicama je bila redukcija na ekvator tj. ne računa se visina izravno, već se iz tablice vade vrijednosti za novu deklinaciju i visinu kao što bi u nekom mjestu na ekvatoru dale stvarne vrijednosti satnog kuta i azimuta u vrijeme motrenja. Visina se dobiva iz druge tablice na temelju nove deklinacije i satnog kuta.

1915. g. H. O. 171: »Line of Position Tables«.

1917. g. Percy Davis: »Altitude — Azimuth Tables« — London. Iduće godine izdaje iste tablice za pojas širine od 30° do 64° i deklinacije od 0° do 24°.

1918. g. Armistead Rust: »Practical Tables for Navigation and Aviation«. U ove tablice autor je uveo Azimuth Diagram, kojeg su poslije i drugi uzimali u svoje tablice pod imenom Rustov diagram.

1920. g. S. Yonemura: »Tables for Calculating Altitude and Azimuth of Celestial Bodies« — Tokyo.

1921. g. H. B. Goodwin: »The Alpha, Beta, Gamma, Navigation Tables« — London.

S ovim tablicama računao se satni kut ali se mogla rješavati i visina. Kasnije je za azimut u njih umetnuo Rustov diagram.

1923. — 1924. g. H. O. 204. To su tablice G. W. Littlehalesa po kojima se računala geografska dužina.

1923. g. Čiro Carić: »Nautičke table sa praktičnom metodom računanja procjenjene zenitalne udaljenosti (Marq. St. Hilaire) i središnjih tačaka ortodrome« — Kotor. To su prve NT našeg autora i tiskane na hrvatskom jeziku. U njima Carić do zenitne udaljenosti dolazi svojom originalnom transformacijom cosinusovog poučka te tabelira formulu:

$$\sin^2 Z/2 = \sin^2 s/2 \cos^2 1/2 (\varphi + d) + \cos^2 s/2 \sin^2 1/2 (\varphi - d) \quad (2)$$

koja se zove »Carićeva formula«. Glavna tablica ima pola stranice logaritma sin<sup>2</sup> $x/2$ , a pola stranice logaritma cos<sup>2</sup>  $x/2$  na četiri decimale. Za zbrajanje logaritama desne strane Carić kao prvi u svijetu u jedne NT uvodi Gaussov zbrajajući logaritam, pa nije potrebno antilogaritimirati ni raditi s prirodnim vrijednostima. Azimut donosi s ABC tablicama, čiju je vrijednost množio sa 100. Ponovio je izdanje 1924. godine na hrvatskom i talijanskom jeziku. Zbog jednostavne sheme i brzine računanja bile su upotrebljavane od mnogih naših navigatora. Shema računanja bila je slijedeća:

$A = \lg a - \lg b$ . S. A iz posebne male tablice vadi se vrijednost  $B = \lg (1 + b/a)$ .





-N-41 i u njima uz prijašnje tablice dodao još hidro-meteorološke tablice. Treće izdanje ovih tablica izašlo je 1978. godine. U njima se između tablica za astronomsku navigaciju ne donosi više tablica »Izračunavanje visine nebeskih tijela«, već je prebačena u dio matematičkih tablica pod nazivom »Kvadrati logaritama i prirodnih vrijednosti sin i cos polovičnih kutova«. Četvrto preuređeno izdanje izašlo je 1984. U tom izdanju između tablica za astronomsku navigaciju donosi se nova tablica za računanje visine i azimuta NT-39 »PRW«, čiji je autor kapetan Petar Čumbelić.

### Tablice rastavljanja trokuta

Da bi se lakše dolazilo do rezultata već su koncem 19-og stoljeća neki autori počeli rastavljati astronomsko-nautički sferni trokut položaja na dva pravokutna sferna trokuta spuštajući okomicu ili iz nebeskog tijela ili iz zenita na suprotnu stranicu. U oba slučaja u jednom trokutu ostaje cijeli satni kut, pa se ovaj trokut zove trokut satnog kuta, a u drugom stranica zenitne daljine, pa se ovaj trokut zove još trokut zenitne daljine. Zbog toga nijesu rađene tablice koje bi spuštale okomicu iz nebeskog pola.

### Tip S

Ovo su tablice koje do rješenja dolaze rastavljenjem sfernog trokuta položaja na dva pravokutna spuštajući okomicu iz nebeskog tijela. Ta okomica stranicu koširine dijeli u dva dijela. Važniji autori ovog tipa tablica bili su redom:

1876. g. William Thomson: »Tables for facilitating Sumner's Method at Sea« — London. S ovim tablicama određivala se dužina.

1901. g. V. E. Fuss: Tablitci dila Nakhojdniia Visotti Azinmtoff« — Petersburg. U tablicama se do rješenja dolazilo pomoću formula:  $\sin a = \cos d \sin s$ ;  $\operatorname{tg} b = \operatorname{ctg} d \cos s$ ;  $\sin v = \cos a \cos b$ ;  $\operatorname{ctg} \phi = \operatorname{ctg} a \sin b$ ; gdje je a okomica, b udaljenost od pola do okomice, a b' od zenita do okomice.

1901. g. Hydrographiski Upravienia: »Tabelen zur Berechnung der Hohen und Azimute« — Petersburg.

1909. g. Radler de Aquino: »Sea and Air Navigation Tables for Solving all problems by inspection« — Annapolis. To su prve tablice za zračnu navigaciju u kojima se izabire dužina da bi se dobio satni kut na puni stupanj. Isti autor 1910. godine izdaje tablice »Altitude and Azimuth Tables« — London. To su bile iste tablice u kojima se do rezultata dolazilo pomoću formula sličnih kao kod Fussa. Iste godine izdaje tablice »Taboas para achar alturas e azimuths« — Rio de Janeiro. 1914. g. izlaze mu nove tablice »The Newest Sea and Air Altitude and Azimuth Tables« — New York, London.

1918. g. A. Obercht: »Nuevas Tablas Nauticas« — Santiago de Chile.

1925. g. M. R. Pierce: »Position Tables for Aerial and Surface Navigation«. Ove tablice izdao je američki Hidrografski institut 1930. godine pod brojem H. O. 209.

1926. g. E. i M. de Catalano: »Table Zonique, tables nautiques a l'usage des navigateurs« — Pariz.

1931. g. Arthur A. Ageton: »Dead Reckoning Altitude and Azimuth Tables«. Ovo su bile poznate H. O. 211. tablice ili »AAA tablice«. U njima su date vri-

jednosti  $A = 100.000 \log \operatorname{cosec} i$  i  $B = 100.000 \log \sec$  kuta od  $0^\circ$  do  $180^\circ$  za svakih  $0,5'$ . Do rezultata se dolazilo na temelju formula:  $\operatorname{cosec} R = \sec d \operatorname{cosec} s$ ;  $\operatorname{cosec} K = \operatorname{cosec} d / \sec R$ ;  $\operatorname{cosec} Vr = \sec R \sec (K - \phi)$ ;

$\operatorname{cosec} Z = \operatorname{cosec} R / \sec Vr$ ; pa je shema računanja bila:

$$\begin{array}{l|l|l} A_s = & & A_d = \\ B_d = & + & B_R = \end{array} \quad \begin{array}{l|l|l} & & - \\ & & \end{array}$$

$$\begin{array}{l|l|l} A_R = & & A_K = \\ B_R = & + & A_R = \\ B_{K\phi} = & & B_K = \end{array} \quad \begin{array}{l|l|l} & & - \\ & & \end{array}$$

$$\begin{array}{l|l} A_V = & A\omega = \\ V_r = & \omega = \end{array}$$

1936. g. Fontoura da Costa i Penteado: »Tabuas de Altura e Azimute« — Lisabon.

1936. g. E. Tillman: »Altitude Tables for Mariners and Aviators«.

1937. g. Radler de Aquino: »An all log Tangent  $\pm$  log Secant Navigation Table« — Annapolis.

1940. g. SSSR tablice. To je bila skraćena verzija Fussovih tablica.

1942. g. »Brief Celestial Navigation Tables«. To su tablice izdanja japanskog Hidrografskog instituta pod brojem 602, i bile su namijenjene prvenstveno za zračnu navigaciju.

1944. g. Thomas Hicherson: »Navigational Handbook with Tables«. Ove tablice ponovno su izdane 1947. godine pod nazivom »Latitude, Longitude and Azimuth by the Sun or Stars«.

### Tip Z

Ovo su tablice koje do rješenja dolaze rastavljanjem sfernog trokuta položaja na dva pravokutna spuštajući okomicu iz zenita. Ta okomica dijeli na dva dijela stranicu polarne udaljenosti i kut azimuta. Prednost ovih tablica je što se može izabrati širina na puni ili polovinu stupnja, a također i dužina da se dobije mjesni satni kut na puni ili polovinu stupnja, pa se s tako izabranom pozicijom do rezultata dođe manjim vađenjem podataka iz tablica uz manje korekcije i bez potrebe interpoliranja. Važniji autori ovog tipa bili su redom:

1891. g. F. Soullagouet: »Tables du »Point Auxiliare« pour trouver rapidement la hauteur et l'azimut estimes« — Toulouse. To su bile prve tablice ovog tipa koje su rješenja donosile po formulama:  $\operatorname{tg} b = \operatorname{ctg} \phi \cos s$ ;  $\sin a = \cos \phi \sin s$ ,

$\sin V = \cos a \sin (d-b)$ , u kojima je b dio stranice polarne daljine od pola do okomice, a (d-b) dio iste stranice od nebeskog tijela do okomice. Veličina a je dužina okomice. U ovim njegovim tablicama tabelarni podaci bili su dati za svaki puni minut vremena tj. 15' luka (kuta). Azimut se rješavao po formulama tipa S.

1893. g. Delafont: »Methode rapide pour determiner les droites et les courbes de hauteur et faire le point« — Pariz.

1919. g. Charles Bertin: »Tablette de Point Spherique, sans logarithmes« — Pariz. U ovim tablicama formule za visinu su iste kao i kod Souillagoueta, dok se azimut prvi put u tim tablicama donosi u dva dijela riješen po formulama:  $\sin \omega_1 = \sin b \sec \varphi$  i  $\text{ctg} \omega_2 = \sin a \text{tg} (d-b)$ , pa je  $\omega = \omega_1 + \omega_2$

1920. g. Sinkiti Ogura: »Sin Kodo Hoikaku Hyo« — Tokyo. Ove su tablice izdate na engleskom jeziku 1924. g. pod nazivom »New Altitude and Azimuth Tables«.

Tablice su obuhvaćale širine do 65° sjever i jug. U njima autor prvi upotrebljava funkcije cosec i sec, čije je vrijednosti množio sa 100.000. Tabelirane su formule  $\text{cosec} a = \sec \varphi \text{cosec} s$ ;  $\text{cosec} b = \text{cosec} \varphi / \sec a$  i  $\text{cosec} V = \sec a \sec (d-b)$ . Azimut je u ovim tablicama rješavan cotangesovim poučkom za sferni trokut. Ove su tablice kasnije unesene i u neke klasične tablice (Norie's, Yonemura), a izdao ih je i Hidrografski institut Japana pod brojem 225.

1922. g. Smart i Shearne: »Position Line Tables« — London.

1924. g. J. A. Newton i J. C. Pinto: »Navegacao Moderna, Tabuas esfericas do Ponto« — Lisabon.

1927. g. P. V. H. Weems: »Line of position Book« — Annapolis. U ovim tablicama azimut se dobivao pomoću Rustovog dijagrama. Isti autor 1928. g. izdaje u San Diegu tablice »Extended Tables for the Line of Position Book« — za polarno područje koje obuhvaća širine od 60° do 90°.

1928. g. J. Y. Dreisonstok: »Navigation Tables for Mariners and Aviators for all Latitudes«. Izdao ih je američki Hidrografski institut pod brojem H. O. 208.

1931. g. John Gingrich: »Aerial and Marine Navigation Tables« — New York i London.

1932. g. P. V. H. Weems: »Manuscript Tables« — Annapolis. To su bile tablice koje je autor objavio u rukopisu, pa su zbog toga dobile takav prvi naziv. Iste tablice tiskane su 1943. g. pod naslovom »New Line of Position Tables«.

1934. g. Elmer Collins: »Altitude and Azimuth Tables for Air and Sea Navigation«.

1937. g. »F. — Taffel«. Ove tablice izdala je njemačka ratna mornarica. Visinu su rješavale po formuli kao i kod Souillagoueta, dok su azimut rješavale po formuli:  $\sin \omega = \text{sos} d \sin s \sec V$ .

1938. g. L. J. Comrie: »Hughes' Tables for Sea and Air Navigation« — London.

1942. g. A. A. Ageton: »Manual of Celestial Navigation«.

1945. g. E. E. Benest i E. M. Timberlake: »Astro-Navigation Tables for the Common Tangent Method«.

1947. g. »Tavole H«. Ove tablice izdao je talijanski Hidrografski institut pod brojem 3113.

1953. g. J. C. Lieuwen: »Record Tables« — Rotterdam.

1958. g. Stijepo Kotlarić: »Tablice K-1. Kratki postupak računanja visine i azimuta u astronomskoj navigaciji« — Split. Tablice je izdao Hidrografski institut JRM pod brojem H I — N — 44. U ovim tablicama autor je do formula došao pomoću produženja stranica sfernog trokuta položaja do horizonta, gdje se formiraju tri pravokutna sferna trokuta i Napierovim pravilom dobiva tražene vrijednosti.

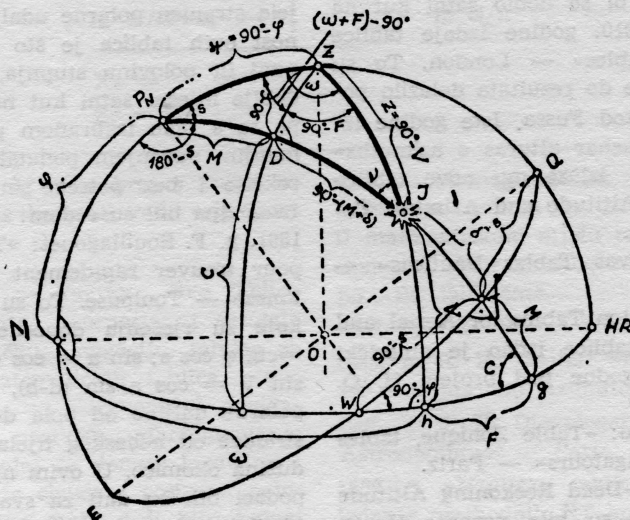
Međutim, kako se azimut dobiva u dva dijela, to ove tablice spadaju u tip Z, pa su to naše prve tablice ovog tipa, jer se do istih formula može doći spuštanjem okomice iz zenita. Formule su tabelirane u dvije tablice. Tablica I s ulaznim argumentima s i  $\varphi$  na cijeli i polovinu stupnja tabelira formule:

$$\text{tg} (\omega + F) = \text{tg} s \sin \varphi; \text{tg} M = \cos s \text{ctg} \varphi;$$

$\cos C = \sin s \cos \varphi$ . Tablica II s ulaznim argumentima  $C = \sin s \cos \varphi$ . Tablica II s ulaznim argumentima  $(M + d)$  i C na cijeli i polovinu stupnja tabelira formule:  $\text{tg} F = \text{tg} (M+d) \cos C$ ;  $\sin V = \sin (M+d) \sin C$ . Tablice su vrlo brze i praktične za rad s izabranom pozicijom jer je potrebno samo izvršiti dvije korekcije visine za preostale minute od  $(M+d)$  po formuli:

$$dV = d(M+d) \cos \pi \text{ gdje je } \text{ctg} \pi =$$

$\cos (M+d) \text{tg} C$ , a preostale minute od C po formuli:  $dV = dC \sin F$ , što se posebno donosi u tablici IV.



Slika 2.



Tablice su upotrebljive i za rad sa zbrojenom pozicijom, pa se Tablica IV koristi i za korekciju minuta geografske širine po formuli:  $dV = d\varphi \cos \omega$ . Za korekciju preostalih minuta satnog kuta sastavljena

je tablica III po formuli:  $dV = -ds \sin \omega \cos \varphi$ . U tablice se ulazi uvijek s nižom vrijednosti. Shema računanja za izabranu poziciju je slijedeća:

$s = \omega + F =$	$M =$	$+ C =$
$\varphi =$	$d =$	$=$
$F =$	$M + d =$	$=$
$\omega =$	$V =$	$+ =$
	$iMd \rightarrow KMd =$	$=$
	$iC \rightarrow KC =$	$=$
	$Vr =$	$=$

Ove tablice upotrebljavaju skoro svi naši navigatori, pa su ponovno izašle 1963. 1971. i 1978. godine.

1969. g. Petar Čumbelić: »Nautičke tablice P R $\omega$ « — Dubrovnik. Autor je u ovim tablicama tabelirao formule:

$$\sin P = \cos \varphi \sin s;$$

$$\sin V = \cos P \sin (R+d);$$

$$\operatorname{tg} R = \operatorname{ctg} \varphi \cos s;$$

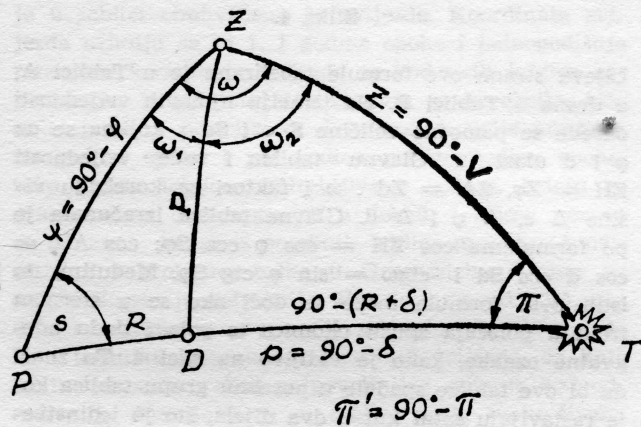
$$\operatorname{tg} \pi' = \operatorname{ctg} P \cos (R+d);$$

$$\operatorname{ctg} \omega_1 = \sin \varphi \operatorname{tg} s;$$

$$\operatorname{ctg} \omega_2 = \sin \varphi \operatorname{tg} (R+d);$$

u kojima je uzeto da je  $\pi' = 90^\circ - \pi$ . Zbog simetričnih formula vidljivo je da je dovoljna jedna tablica, jer  $\varphi$  odgovara P,  $(R+d)$  odgovara s, P odgovara V, R odgovara  $\pi'$ , i  $\omega_1$  odgovara  $\omega_2$ .

Tablice su sastavljene prvenstveno za rad sa izabranom pozicijom, jer su ulazni argumenti u Tablici I dati na puni bliži stupanj. Za korekciju visine zbog preostalih minuta  $(R+d)$  i P sastavljena je posebna Tablica II koja po formulama  $dVP = -dP \cos \omega_2$  i  $dVR = d(R+d) \sin \pi'$  korigira tabeliranu visinu iz



Slika 3.

Tablice I. Ako se koristi zbrojena pozicija onda su još potrebne dvije korekcije za  $\varphi$  i s koje se vade istom Tablicom II. Shema računanja za izabranu poziciju je slijedeća:

$\varphi = P = R =$	$\omega_1 =$	$+ =$
$s =$	$d =$	$=$
$R+d =$	$\omega_2 =$	$+ =$
$V =$	$\omega =$	$=$
$\pi' - KR =$	$Vr =$	$=$
$\omega_2 - KP =$	$=$	$=$
$Vr =$	$=$	$=$

Ove tablice tiskane su u IV izdanju Nautičkih tablica Hidrografskog instituta JRM 1984. godine.

Jedne specijalne tablice, koje ne spadaju ni u tip S ni u tip Z, a mogu se smatrati da nastaju rastavljanjem sfernog trokuta položaja u dva pravokutna, nastale su 1957. g. od autora Frana Flego. Izdao ih je Hidrografski institut JRM — Split pod brojem HI-N-35 i pod naslovom »Tablice za skraćeno izračunavanje zenitne udaljenosti i azimuta nebeskih tijela«.

Autor je dao jedno neubičajeno rješenje izvedeno iz sfernog trokuta položaja i pravokutnih sfernih trokuta nastalim produženjem vertikalnog kruga do ekvatora.

Po cotangesovom poučku za kosokutni, a Napierovim poučkom za pravokutni sferni trokut računa se  $\operatorname{ctg} \omega$  iz oba trokuta, pa kad se te dvije relacije izjednače dobije se formula:

$$\operatorname{tg} d \operatorname{ctg} \varphi = \cos s - \operatorname{ctg} S \varphi \sin s.$$





$$\sin V = (\sin \varphi \sin d) + (\cos \varphi \cos d) \cos s \quad i$$

$$\operatorname{ctg} \omega = (-\operatorname{tg} d \cos \varphi + \sin \varphi \cos s) / \sin s$$

Shema računanja za izabranu poziciju bila je slijedeća:

$$\begin{array}{rcl} \varphi & = & Vr \\ d & = & \Delta d \rightarrow Kd \\ s & = & Vr \end{array} \quad \left| \quad + \quad \omega = \right.$$

Predznak korekcije deklinacije nije dat, već se određuje po rastu ili padu vrijednosti susjedne visine, prema kojoj je prava vrijednost deklinacije. Za rad sa zbrojenom pozicijom trebaju se još izvršiti dvije korekture za  $\varphi$  i  $s$ . Sve korekture date su u posebnoj tablici. Na kraju svakog punog stupnja data je tablica za identifikaciju zvijezda.

1938. g. »Astronomical Navigation Tables«. Ove je tablice izdao British Admiralty pod brojem British Air Pub. 1618 između 1938. i 1944. godine u pet volumena za širine od  $0^\circ$  do  $79^\circ$ . Bile su namijenjene prvenstveno za potrebe zračne navigacije, a tiskao ih je Hidrografski institut SAD 1941. godine u 14 volumena za širine od  $0^\circ$  do  $69^\circ$  pod brojem H. O. 218. Visina je računata za vrijednosti veće od  $10^\circ$  na puni minut i obuhvaća i refrakciju na visini od 5.000 noga. Deklinacija je tabelirana od  $0^\circ$  do  $28^\circ$ . U dodatku su date visine i azimuti za 22 zvijezde s njihovom deklinacijom za 1940. godinu. To su bile prve tablice s ulaznim argumentima imena zvijezde, a korekcije za promjenu deklinacije zvijezda do 2000-te godine donesene su u posebnoj tablici. Ove su avionske tablice bile ponegdje korištene i u pomorskoj navigaciji. 1940. g. »Celestial Navigation Observation Table«. Ove je tablice izdao japanski Hidrografski institut pod brojem 351 u sedam volumena između 1940. i 1942. godine. Bile su klasificirane kao »povjerljive«, a obuhvaćale su pojas širine od  $0^\circ$  do  $70^\circ$  i deklinacije od  $0^\circ$  do  $29^\circ$ . Sastavljene su slično britanskim 1618 i američkim 218. Visina je data od  $2^\circ$  i uključena je refrakcija za 4.000 metara visine.

1941. g. Georg Hoehne: »Star Air Navigation Tables«. U ovim tablicama donesene su visine na puni minut i azimut na puni stupanj brojen kružno od sjevera za izabrane zvijezde u funkciji širine i mjesnog satnog kuta proljetne točke. Isti autor je 1942. godine izdao preuređeno izdanje u Volumen I pod naslovom »Celestial Navigation Tables«, a 1943. g. Volumen II pod naslovom »Practical Celestial Air Navigation Tables«. U njima su donesene dvije male tablice za korekciju zbog precesije i deklinacije za razdoblje od 1942. do 1990. godine.

1943. g. »Simplified Celestial Observation Table«. Ove tablice je izdao japanski Hidrografski institut pod brojem 603.

1944. g. »Altitude and Azimuth Almanac«. Ovo je u početku bila povjerljiva publikacija, a predstavljala je kombinaciju tablica i almanaha, jer se u prvim edicijama za određeno područje, za jedno ili više nebeskih tijela, visina i azimut tabelirala u funkciji datuma i vremena. U početku su ove tablice bile vezane za područje zapadnog Pacifika i davale su brze rezultate kad se nebesko tijelo snimalo u određenom tabeliranom vremenu.

1944. g. »Hohentafeln nach Sternzeit«. Ove tablice bile su slične Hoehneovim tablicama, a izdala ih je njemačka mornarica.

1945. do 1949. g. Victor Meneclier i Roberto Chevailer: »Calculo del Punto«. Ove tablice izašle su u Argentini u šest volumena za južne širine od  $0^\circ$  do  $59^\circ$ .

1946. g. Roy Goetz: »High Latitude Celestial Navigation Tables«. Tablice je izdao Hidrografski institut SAD pod brojem H. O. 230 i bile su samo u upotrebi ratnog zrakoplovstva.

1951. g. H. O. 249 »Sight Reduction Tables for Air Navigation«. Ove su tablice izdane u tri volumena. Volumen I s izabranim zvijezdama (Selected Stars) izašao je 1951. g. za epohu 1955. U tim prvim izdanjima visina (na puni minut) i azimut (na puni stupanj), dati su za svaki puni stupanj širine i mjesnog satnog kuta proljetne točke, te šest izabranih zvijezda poredanih po rastućim kružnim azimutima. Ukupno je u tablici obuhvaćeno 34 zvijezde. Koordinate zvijezda uzimlju se za 1. I godine epohe i jednogodišnje promjene koordinata zvijezda se kod ovih tablica zanemaruju. U posebnoj tablici daju se korekcije, bilo za stajnice ili pozicije, za dvije godine prije prethodne godine epohe i pet godina poslije godine epohe, tako da su tablice upotrebljive 9 godina. Izdaju se svake pete i desete godine u dekadi i nijesu vezane za almanah, jer se iz posebnih tablica može izračunati satni kut proljetne točke u Greenwichu. Visine ne sadrže korekciju refrakcije. U izdanjima od 1965. godine tabelirano je ukupno 41 zvijezda tako da u svakom trenutku ima sedam izabranih zvijezda, od koje tri imaju oznaku zbog najpovoljnijeg azimuta kod određivanja pozicije. Ove su tablice našle svoju široku primjenu i u pomorskoj navigaciji zbog njihove jednostavnosti i brzine, iako je njihova točnost manja od one koja se s drugim tablicama postiže. Nije potrebna nikakva shema, jer se izravno čita visina i azimut. Volumen II za širine od  $0^\circ$  do  $39^\circ$  i Volumen III za širine od  $40^\circ$  do  $89^\circ$  izašli su 1952. godine i obuhvaćaju pojas deklinacije od  $0^\circ$  do  $29^\circ$ . Tablice su sastavljene za rad sa Suncem, Mjesecom i planetama. Rad je sličan kao i sa tablicama H. O. 214 s tim da faktor za korekciju visine zbog minuta deklinacije u ovim tablicama ima svoj predznak. Za rad sa Suncem nije potreban almanah, jer se posebnim tablicama može dobiti satni kut Sunca u Greenwichu i deklinacija sve do 2000-te godine. Tablice H. O. 249 prihvaćene su i od ostalih zemalja a službeno se koriste u ratnom zrakoplovstvu SAD, Velike Britanije, Kanade, Australije i New Zelandu.

1970. g. H. O. 229. »Sight Reduction Tables for Marine Navigation«. Ove tablice zajednički je pripremio Naval Oceanographic Office (prijašnji Hidrografski institut) i Naval Observatory iz SAD, te Nautical Almanac Office, Royal Greenwich Observatory. U SAD tiskane su pod brojem H. O. 229 od Defense Mapping Agency Hydrographic Center, a u Velikoj Britaniji 1971. g. pod brojem N. P. 401 ili H. D. 605 od Hydrographic Departmenta u Tauntonu. Tablice su izdane u šest volumena a svaki volumen obuhvaća po  $15^\circ$  širine. Tablice predstavljaju jednu vrst kombinacije između tablica H. O. 214 i H. O. 249 (Volumen II i III). U tablice se ulazi s mjesnim satnim

kutom od  $0^\circ$  do  $360^\circ$ , širinom i deklinacijom. Za rad s izabranom pozicijom potrebna je samo korekcija visine za minute deklinacije, za čiju se korekciju iz tablice čita faktor sa svojim predznakom, pomoću kojeg se iz specijalnih tablica vadi korekcija. U ekstremnim slučajevima može se izvaditi i druga bolja korekcija visine za minute deklinacije. Točnost visine računa se na desetinke minute, a azimut na desetinke stupnja s pravilima za pretvaranje njegove polukružne vrijednosti u kružnu. Za rad sa zbrojenom pozicijom u ovim tablicama data su tri originalna grafikona označena s A, B. i C, koji se nalaze u sredini tablica. A i B su dati na po jednoj stranici, dok je C pomičan i proziran. Kada se na A unese točka po pravim minutama od širine i satnog kuta zbrojene pozicije, onda se ta točka precrtava na C. Zatim se C postavi nad B prema azimutu i visini, pa se iz B čita korekcija visine za zbrojenu poziciju. Zanimljivo je da su se visine zenita (od  $88,5^\circ$  do  $90^\circ$ ) računale po Carićevoj

formuli, a ne po standardnoj po kojoj su računane ostale visine.

1974. g. Frano Simović: »Nautičke tablice« — Rijeka. U ovim tablicama autor je dao gotove rezultate svoje formule tabelirane u svojim tablicama iz 1948. g. sa slijedećim oznakama:

$$10^5 \cos^2 z/2 = c; 10^5 \cos^2 s/2 \cos 1/2^\circ (\varphi - d) = a\Delta$$

$$\text{ i } 10^5 \sin^2 s/2^\circ \sin^2 1/2^\circ (\varphi + d) = b\epsilon.$$

U glavnim tablicama donesene su vrijednosti za svaki puni stupanj satnog kuta,  $\varphi - d$  i  $\varphi + d$ . Može se izabrati pozicija za dobiti puni satni kut i uzeti takvu širinu koja će s razlikom deklinacije dati puni stupanj, ali je za zbroj širine i deklinacije potrebna interpolacija, koja se vrši tablično. Iz posebne tablice vadi se zenitna udaljenost. Azimut se računa s ABC Tablicama.

Shema računa za tako izabranu poziciju izgleda ovako:

$s =$	$-/+$	$\varphi =$	$d =$	$A =$	$\Delta =$
$d =$		$\Delta =$	$\varphi =$	$B =$	$\epsilon =$
$\Delta =$		$\omega =$	$C =$	$C =$	$K =$
$\epsilon =$				$c =$	$Vr = 90^\circ - Zr$
				$Zr =$	

1980. g. Thomas Davies: »Star Sight Reduction Tables for 42 Stars, Assumed Altitude Method of Celestial Navigation« — Entreville, Maryland. U ovim tablicama zvijezde su izabrane tako da je za sve točke na Zemlji uvijek vidljiva 21 zvijezda. S ovim tablicama nije potrebno niti poznavati ime zvijezde, već s mjenom visinom i vremenom, te širinom dobije se iz tablica visina računata mjerene zvijezde.

#### 4. Azimutalne tablice

Zbog kontrole devijacije magnetskog kompasa nastala je potreba za brzo i jednostavno dobivanje azimuta. Tako su počele izlaziti Azimutalne tablice prije nego što se azimut počeo tabelirati u NT između ostalih tablica. Kontrola devijacije vršila se najviše snimajući Sunce, pa je većina Azimutalnih tablica sastavljena tako da se sa 3 ulazna argumenta  $\varphi$ ,  $d$  i  $s$  (pravo sunčevo vrijeme) izravno iz tablica dobije vrijednost azimuta. Prve tablice za potrebe u navigaciji iz 1665. g. koje su od Andrew Waheley izdate u Londonu pod nazivom »The Regiment of the Pole Star«, davale su pravo vrijeme dana kada se Sunce nalazi u pojedinim točkama kompasa. Važnije tablice ovog tipa izlazile su kako slijedi:

1829. g. Thomas Lynn: »Azimuth Tables«.

1847-1850. g. J. T. Towson i J. M. Atherton: »Tables to facilitate the Parctice of Great Circle Sailing and the determination of Azimuths« — London.

1852. g. John Burdwood: »Tables of the Sun's True Bearings or Azimuths« — London. Isti autor 1858. g. izdaje »Tables of Bearings of the Sun between the Parallels of  $14^\circ$  and  $20^\circ$  South at intervals of Twenty

Minutes from April to August«, a 1866. g. »Sun's true bearing or Azimuth Tables«. Ove tablice izdavane su i kasnije u novim izdanjima, a od 1875. g. John i Percy Davis nastavljaju izdavati »Sun's True Bearing or Azimuth Tables«, koje su poznate kao Brudwood-Davisove azimutalne tablice, koje se i danas izdavaju.

1868. g. F. Labrosse: »Table des Azimuts du Soleil« — London. Azimut je računat po formuli izvedenoj spuštanjem okomice iz nebeskog tijela u sfernom trokutu položaja, pa su ovo u stvari bile prve tablice koje su dijelile trokut.

1869. g. Robert Shortrede: »Azimuth and Hour Angle for Latitude and Declination«. Iste godine izašle su mu u Londonu i »Tables for Finding Azimuth at Sea, together with a Great Circle Sailing Table«.

1869. g. Hue: »Table generale des Azimuts« — Brest.

1876. g. E. Perin: »Nouvelles Tables destinees a Abreger les Calculs Nautiques« — Pariz.

1880. g. Kartazzi: »Modification des Tables d'Azimut de Thomson« — Pariz.

1881. g. Seaton Schroeder i Richard Wainwright: »Aratia Azimuth Tables«. Tablice je izdao Hidrografski institut SAD pod brojem H. O. 66 i donosile su azimut za svakih 10 minuta između 4 i 7 sati za širine od  $77^\circ$  do  $88^\circ$  i deklinacije od  $0^\circ$  do  $23^\circ$  istoimene sa širinom.

1881. g. ABC tablice. Ovo su bile najpoznatije i najviše korištene tablice za računanje azimuta. Imali su svoj dugi i čudni historijski razvoj. Prvo su bile tablice A i B koje su se koristile za određivanje greške u računu dužine. Prototip tih tablica nalazi se u knjizi Mazure Duchmela iz 1822. g. Nešto poboljšane



te tablice izlaze u Nautical Magazinu 1832. g. nepoznatog autora. L. G. Heath je 1845. g. poslao iz Hongkonga izračunate tablice  $A = \operatorname{tg} \varphi \operatorname{ctg} s$  i  $B = \operatorname{tg} d \operatorname{cosec} s$  za vrijednosti argumenata do  $24^\circ$ . Te je tablice 1846. g. tiskao Nautical Magazin i u početku su se zvale Heath tablice. J. N. Laverty u jednom svom radu iz 1847. g. pokazuje da se greška u dužini može dobiti iz greške u širini pomnožene sa  $\operatorname{ctg} \omega \operatorname{sec} \varphi$ . Nautical Magazin 1860. g. ponovno tiska A i B tablice, a W. H. Bolt 1874. adaptira te tablice za određivanje greške i u širinskoj metodi, te je proširio vrijednost tablica za vrijednosti argumenata do  $60^\circ$ . Osim toga je pokazao da se A i B tablice mogu koristiti za rješavanje problema jednakih visina, za korekciju srednjeg vremena i problem dvostruke visine. R. W. Espinasse je 1878. g. izdao proširenu verziju Heatovih tablica pod naslovom »Admiral Heath's Tables — reprinted and enlarged by R. W. Espinasse«. A. G. Johnson 1880. g. publicira poznati rad »On Finding Latitude and Longitude in Cloudy Weather« u kojem proširiva A i B tablice s tablicom C. To s njegovim dopuštanjem koristi S. T. Lecky, koji u svojoj knjizi »Wrinkles in Practical Navigation« izašloj 1881. g. prvi put objavljuje kompletne ABC tablice. U 1883. g. izlaze »A and B Tables for Correcting the Longitude and Facilitating Sumner's Method on the Chart« od R. H. Lauriena: »A and B Tables«, od H. S. Blackburne-a, izdatih u New Zelandu, dok je W. H. Rosser u drugom izdanju svoje knjige uveo Blackburneove tablice dodavši u naslovu »With A, B, and C tables for finding Azimuth and Correction to Longitude«. Iste je godine izdavao i knjigu »Stellar Navigation with new A, B and C Tables for finding, by easy methods, Latitude, Longitude, and Azimuth«. Tako su ove tablice bile uvedene u praksu i tiskale su ih mnoge poznate NT. Azimut se rješava po formuli:

$$\operatorname{ctg} \omega \operatorname{sec} \varphi = -\operatorname{tg} \varphi \operatorname{ctg} s + \operatorname{tg} d \operatorname{cosec} s; C = \frac{A + B}{C}$$

1882. g. E. Decante: »Table du Cadran Solaire Azimutal pour tous les points situes entre les cercles polaires« — Pariz.

1882. g. S. Shroeder i H. Southerland: »Azimut Tables giving the true Bearings of the Sun at intervals of 10 minutes between sunarise and sunset for Parallels of Latitude between  $61^\circ$  N and  $61^\circ$  S inclusive« — Washington. Hidrografski institut SAD izdaje 1897. g. slične tablice od istih autora pod brojem: H. O. 71, dok tablice iz 1882. g. izdaje pod brojem H. O. 260 s novim naslovom »Azimuth of the Sun«, ali su poznatije bile kao »Red Azimuth Tables« zbog svojih crvenih korica.

1890. g. G. D. E. Weyer: »Kurze Azimut-Tafeln für alle Deklinationen« — Hamburg.

1893. g. Dollen: »Tables de hauteurs et d'azimuts«.

1896. g. Jullus Ebsen: »Azimuth — Tabellen« — Hamburg.

1900. g. A. C. Johnson: »Combined Time and Altitude Azimuth Tables« — London.

1900. g. M. Zhdanko: »Tabellen der eahren Azimute der Sonne« — Petersburg.

1900. g. Percy Davis: »Davis's Star True Bearing or Azimuth Tables« — London.

1902. g. H. O. 120.: »The Azimuths of Celestial Bodies«. Ove tablice su bile kasnije poznate i pod imenom »Blue Azimuth tables« zbog svojih plavih korica, a dobile su i novi broj H. O. 261.

1902. g. J. Burdwood: »Star Azimuth Tables for declinations  $23^\circ$  to  $64^\circ$ «.

1902. g. F. Labrosse: »Tables des Azimuts du Soleil et de la Lune et de tous les Astres« — Pariz.

1903. g. A. C. Johnson: »Short, accurate, and comprehensive Altitude — Azimuth Tables« — London.

1904. g. P. Davis: »Supplementary Azimuth Tables« — London.

1905. g. H. S. Blackburne: »Tables for Azimuth Great circle sailing and Reduction to the Meridian« — Eilington N. Z. To su bile kompletne ABC tablice za širinu i deklinaciju od  $0^\circ$  do  $85^\circ$ , a 1911. g. izdaje ponovno tablice sa širinom i deklinacijom do  $90^\circ$ .

1912. g. W. P. Simonds: »Nautical Astronomy with New Tables« — London.

1913. g. P. Davis: »Sun's true bearing or azimuth tables, computed for intervals of four minutes between the parallels of latitude  $30^\circ$ N and  $30^\circ$ S« — London.

1921. g. H. B. Goodwin: »An Equatorial Azimuth — Table« — London.

1922. g. Giacinto Albini: »Gli azimut del Sole«. Ove je tablice izdao Hidrografski institut Italije u Genovi.

1935. g. A. Yustchenko: »Azimuty Svetil« — Lenjingrad. Tablice su izdane u devet volumena od kojih svaki obuhvaća  $10^\circ$  širine.

1935. g. Charles Cugle: »Cugle's Two — Minute Azimuths«.

1953. g. Table 902: »Azimuts« — Pariz.

1968. g. »Azimutalne tablice« — Split. Ove tablice izdao je naš Hidrografski institut pod brojem HI-N-42. Tablice daju gotovu vrijednost azimuta za pojas širine od  $30^\circ$  N ili S i deklinacije od  $0^\circ$  do  $24^\circ$  N ili S.

Osim ovih tablica za azimut mnoge nautičke tablice donosile su tablice amplitude, s kojom se računala vrijednost azimuta u trenutku izlaza ili zalaza nebeskog tijela.

Pošto se u praksi tražila približna vrijednost azimuta, napravljeni su i neki grafikoni koji su davali rješavanja azimuta. Tako je Hugh Godfrey još 1858. g. u Londonu publicirao »Time Azimuth Diagram«; Patrick Weir također u Londonu 1890. g. »Azimuth Diagram«; Molfino 1901. g. »Namograma degli Azimut del Sole«; P. Coustau u Parizu 1906. g. »Tables Graphiques d'Azimut«; A. Alessio 1908. g. »Diagrammi Altazimutali«; Armistead Rust je 1908. g. u SAD publicirao svoj »Azimuth Diagram«, koji je po njemu poznat kao Rustov diagram i bio je uzet i u tablicama nekih autora (Goodwin, Weems).

Grafičkim rješanjem azimuta bavili su se još Cornet 1927. g. A. Romanovsky 1933. g.; Hugon 1947. g. i Joseph Hilsenrath 1948. g.

## 5. Specijalne tablice

U ovu grupu spadaju sve ostale tablice koje se koriste u oceanskoj navigaciji, a nijesu obuhvaćene s nekim od ranijih tipova tablica. Tako postoje mnoga izdanja t. zv. Ex-meridijanskih ili blizumeridijanskih tablica, zatim tablice koje rješavaju ortodromske probleme, te tablice koje izravno određuju poziciju broda

snimajući dva ili više nebeskih tijela. Važnije ovakve tablice kronološki su izlazile kako slijedi:

1847-1850. g. J. T. Towson i J. W. Atherton: »Tables to facilitate the Practice of Great Circle Sailing and the determination of Azimuths« — London.

1849. g. John Thomas Towson: »Tables for the Reduction of Ex-Meridian Altitudes« — London. Do korekcije se u ovim tablicama dolazilo formulama dobivenim iz pravokutnih sfernih trokuta spuštanjem okomice iz nebeskog tijela.

1857. g. Culberg Bergen: »Spherical Tables and Diagrams, with their application to Great Circle Sailing and various problems in Nautical Astronomy« — London.

1869. g. C. Brent: »Ex-Meridian Altitude Tables« — London.

1894. g. M. A. Goodwin: »The Ex-Meridian« — London.

1896. g. Logan, George Wood: »Sunrise and Sunset Tables« — Washington.

1901. g. Mac Hattie: »Ex-Meridian Tables for Sun or Stars« — London.

1904. g. Bossen i D. Mars: »Zeevaartkundige Tafeln voor circummeridiaan — waarnemingen met toepassing op de plaatsbepaling door hoogtelijnen« — Amsterdam.

1904. g. P. Davis: »Ex-meridian Tables for Latitude up to 64° and declination up to 34° giving the reduction to the meridian« — London.

1908. g. A. Rust: »Ex-meridian, Altitude, Azimuth and Starfinding Tables« — New York.

1908. g. Blackburne i Westland: »Ex-Meridian and Azimuth inspection Tables« — Wellington N. Z.

1909. g. H. O. 127: »Star identification Tables«.

1909. g. H. W. Harvey: »Wath Star is it? — Tables for identifying unkonwn stars« — London.

1918-1920. g. H. O. 202: »Noon interval Tables«.

Tablice izravnih rezultata nijesu za sada mogle postići očitiye prednosti od tablica za rješenje visinske metode, pa su to bili samo pokušaji koje praksa nije prihvatila. U te tablice spadaju:

1945. g. Joost Kiewiet de Jonge je objavio metodu na temelju koje su izdane »Three Star Position Tables for Aerial Navigation«. Ove je tablice eksperimentalno publicirao Hidrografski institut SAD za pojas širine od 20° do 30°.

1954. g. Stjepo Kotlarić je objavio svoj projekt tablice pomoću visina zvijezda, pa je Hidrografski institut JRM počeo 1971. g. izdavati Tablice K-11. Prvo je izašao V volumen koji obuhvaća širine od 40° do 49°30'N. Tablični rezultati rješavani su s haversinim formulama za stranicu i kut, a metoda obuhvaća rješavanje 3 sferna trokuta čiji su vrhovi pol, zenit i dvije zvijezde.

#### **Važnost Nautičkih tablica u suvremenoj navigaciji**

Današnji brodovi su opskrbljeni s jednim ili više globalnih sustava za određivanje i kontrolu pozicije na moru. Ti sustavi nijesu više ograničeni s mogućnošću snimanja s obzirom na meteorološke uvjete, doba dana, određenog položaja nebeskog tijela ili područja u kojem se brod nalazi. Obično se na bro-

du nalazi prijemnik satelitske navigacije koji omogućuje dobivanje točne pozicije broda češće nego što nam snimanja nebeskih tijela to omogućuju. Između tako dobivenih pozicija prijemnik prati zbrojenu navigaciju na temelju kursa i brzine.

U svojim ostalim mogućnostima ovi prijemnici mogu računati i druge navigacijske zadatke, pa dobrim dijelom zamjenjuju računanje koje se prije vršilo isključivo s NT. Uz ovakve prijemnike za satelitsku navigaciju noviji brodovi imaju još prijemnik Omega ili Loran C sustav navigacije, kojima se također, osim određivanja pozicije, mogu rješavati i ostali navigacijski problemi iz loksodromske i ortodromske plovidbe. To znači da s ovakvim prijemnicima na brodu slabi potreba računanja, a time i tablica, jer ovakvi prijemnici kompjuterski brzo i precizno izračunavaju tražene podatke. Osim toga poznate svjetske tvrtke izbacile su na tržište jeftina džepna elektronska računala koja imaju gotove navigacijske programe, ili su baš zbog navigacijskih potreba i napravljene. Tako su američke tvrtke Hewlett Packard i Texas Instruments za svoje klasične male računare napravile i navigacijske module s programima kojim se rješavaju navigacijski problemi u terestričkoj i astronomskoj navigaciji. Japanska firma Tamaya proizvela je prvo Astro-Navigation Calculator NC-2, a zatim NC-77, te najnoviji NC-88 u kojem su programirani i efemeridski podaci za sva navigacijska nebeska tijela do kraja idućeg stoljeća, pa se ovakvim računarima ostaje neovisan i od tablica i od efemerida. Njemačka firma Plath napravila je Navicom, koji ima efemeridske podatke nebeskih tijela do 2050. godine. Osim toga ima ugrađen i kvarcni sat, pa je neovisan i od broskog kronometra.

Korištenjem takvih pomagala navigatorima je danas na brodu sve manje potrebno raditi s NT. Znači da su tablice izgubile svoju važnost, što ne znači da su postale suvišne i nepotrebne. Svaki od spomenutih sustava, prijemnika ili računara može zbog bilo kojih razloga zakazati, a navigator mora biti sposoban i dalje sigurno voditi brod. Zato će stare klasične metode navigacije uvijek ostati obvezne i u nastavnim planovima i u brodskoj praksi. Kao što brod uz žiro kompas mora imati i magnetski kompas, tako i uz prijemnik za satelitski, Omega ili Loran sustav navigacije mora imati sekstant, kronometar, efemeride i Nautičke tablice.

#### **Literatura:**

- 1.) Henry Bencker: »Chronological and Analytical List of various Tables or Treatises on Navigation intended to facilitate Nautical Computations and accelerate ships' position finding«. »International Hydrographic Review« — Monaco, august 1943.
- 2.) Vladimir Medanić: »Astronomska navigacija II« (skripte) — Rijeka 1968.
- 3.) Charles Cotter: »A History of Nautical Astronomy« — New — York — London 1968.
- 4.) Boris Franušić: »Nautičke tablice naših autora« — Zbornik Više pomorske škole Dubrovnik, 1969.
- 5.) Bowditch: »American Practical Navigator«, Vol I — Washington, 1977. g.