

PETAR ČUMBELIĆ

YU ISSN 0469-6255  
NAŠE MORE 36 (1 — 2) 41 (1989)

# Distribucija navigacijskih grešaka

Sistem modela i sistem simbola

UDK 527.6:522.9

SAŽETAK

Izvorni znanstveni rad

U ovom članku definira se opći problem u sistemu astronomske navigacije formalizacijom procesa vođenja objekta (broda). Kod opažanja  $n$  nebeskih tijela  $m$  puta dobit će se poligon pouzdanosti. Program je podijeljen na svoje integralne module koji rješavaju pojedinačne cjelovite dijelove ovog kompleksnog problema. Matematički model definira se skupom jednažbi, koje daju funkcionalne veze između ulaznih i izlaznih veličina sistema, skupom parametara i skupom varijabli. Također se definira sistem simbola i blok shema za simulaciju na elektroničkom računalu. U zaključku se konstatira prednost kvantitativne analize u odnosu na intuiciju kod određivanja točnosti položaja broda.

na osnovi početnih koordinata, kurseva i pređenih puteva, zove se zbrojeni položaj (Dead Reckoning Position).

Kursevi i daljine nisu konstantni već variraju u određenim intervalima i to zbog utjecaja brojnih faktora, kao npr. vjetra, struje i dr. Stoga je zbrojeni položaj u stvari procijenjeni položaj. Gruba procjena je krug polumjera 5 — 10% pređenog puta.

Ni mjerni instrumenti, kao npr. kompas i brzinomjer, nisu naročito precizni, kad ih se uspoređi s mjernim instrumentima npr. u Geodeziji kao srodnoj znanosti. Teodolit i nivelir daleko su precizniji nego sekstant i kompas. Stoga je povremeno računanje stvarnog položaja i korigiranje zbrojenog položaja apsolutno potrebno i predstavlja nužnu intervenciju u proces vođenja, što u jeziku kibernetike predstavlja povratnu spregu (feed back). Naime, kontroliraju se i uspoređuju izlazne veličine (output data) i prema potrebi djeluje na ulazne veličine (input data).

U sistemu astronomske navigacije ovaj proces nije kontinuiran, već se zahvati (računanje položaja) vrše u za to povoljnim trenucima.

Kod nekih drugih navigacijskih sistema, npr. hiperboličkih sistema, moguće je uspostaviti kontinuitet povratne sprege, jer davači na kopnu kontinuirano odašilju elektro—magnetske valove.

## 2. ODREĐIVANJE POLIGONA POUZDANOSTI OPAŽANJEM $N$ — NEBESKIH TIJELA $M$ — PUTA

Definirat će se opći i univerzalni model za sistem astronomske navigacije i izvesti simulacija tog modela na elektroničkom računalu.

Sam program je polivalentan i prilagodljiv svim prilikama i potrebama. Može ga se koristiti za opažanje bilo kojeg broja  $n$  nebeskih tijela od kojih će se uzimati uzorci (mjeriti visine) od  $m$  elemenata. U stvari  $m$  i  $n$  bit će početne ulazne veličine koje će dimenzionirati varijable za svaki konkretni slučaj. Jedino ograničenje za  $m$  i  $n$  je kapacitet računala.

Koristit će se računalo japanske proizvodnje »Sharp PC — 1500«, koje s dodatnim modulom ima kapacitet za ROM 16 K Bytes i za RAM 12 K Bytes. Ovaj kapacitet više je nego dovoljan za potrebe praktične navigacije. Računalo ima i ugrađeni mjerač vremena. Jednom iniciran s početnim podacima računalo u svakom trenutku daje podatke kao: mjesec, dan, sat, minuta, sekunda i dijelovi.

— o —

UVOD

U znanstvenom časopisu THE JOURNAL OF NAVIGATION koji izdaje THE ROYAL INSTITUTE, LONDON, Vol. 40 No. 1. January 1987, izašao je članak ovog autora pod naslovom »The Distribution of Navigational Errors«.

Verzija istog članka na hrvatskom jeziku pod naslovom »Zakoni vjerojatnosti slučajnih navigacijskih grešaka« tiskana je u Hidrografskom godišnjaku 1986, koji izdaje Hidrografski institut Jugoslavenske ratne mornarice, Split, i koji je izašao iz tiska 1988. godine.

U člancima se govori o slučajnim navigacijskim greškama i utvrđuju se zakoni vjerojatnosti po kojima se one raspoređuju u stohastičkom smislu.

Za praktičnu primjenu teoretskih postavki iz navedenih radova potrebno je definirati sistem modela, sistem simbola i sistem algoritma, da bi se to moglo simulirati na elektroničkom računalu.

## 1. OPĆENITO O FORMALIZACIJI PROCESA

Navigaciju smo definirali kao složeni dinamički sistem i kao proces vođenja objekta.

Taj objekt može biti brod, zrakoplov, ili čak neko kopneno vozilo koje se kreće npr. u pustinji, jer će i tada nastati potreba za određivanjem položaja. Klasična formalizacija navigacijskog procesa je grafička na karti, na kojoj se u svakom trenutku mogu odrediti geografske koordinate položaja, a što prema našoj definiciji predstavlja stanje sistema. Ovako određen položaj, tj.

Kapacitet računala bio bi dovoljan i za programiranje efemeridnih podataka, kao što to daju i neka druga čisto navigacijska računala. Međutim, točnost tih podataka ne zadovoljava naše zahtjeve, jer naše je opredjeljenje jasno — maksimalna moguća točnost.

Stoga će se svaki put upisati početne (okruglo na sat opažanja) efemeridne podatke i parametre. Daljnje vremensko praćenje tih varijabli obavlja računalo i to za cijelo vrijeme opažanja.

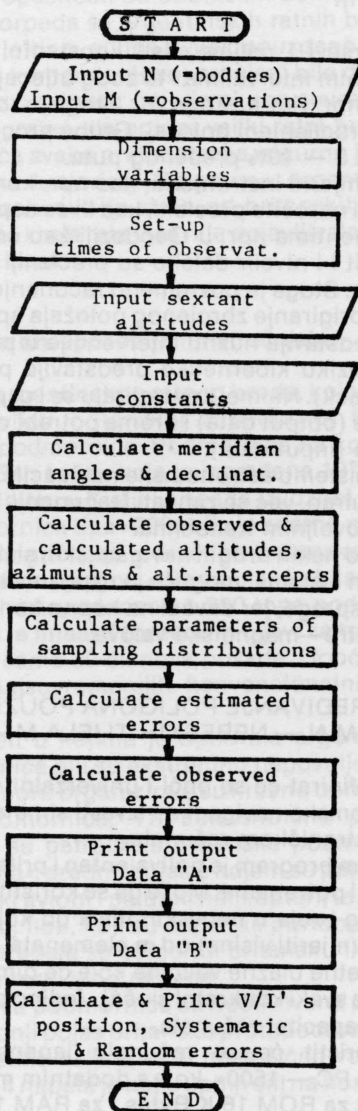
Ovo zahtijeva neznatno duži postupak, ali su zato rezultati daleko točniji.

### 3. ZADACI MODELIRANJA

Zadaci modeliranja povezat će se i usporedno obrađivati s integralnim modulima ovog općeg programa.

Naime, svaki složeniji program uputno je i potrebno sastaviti u obliku modula, tj. manjih jedinstvenih cjelina,

THE FLOW CHART



Blok shema općeg navigacijskog problema u sustavu astronomske navigacije

koje će u okvirima programa obavljati pojedinačne radnje koje su logički povezane. Stoga će se zadaci modeliranja povezati i uporedno obraditi s funkcioniranjem pojedinih modula, čiji skup je naš cjeloviti program.

a) Iniciranje programa i dimenzioniranje varijabli — Modul »A«.  
Ulazne veličine  $m$  i  $n$  dimenzioniraju varijable i u krajnjoj liniji sam program.

b) Modeliranje vremena opažanja i izmjerenih visina — Modul »B«.  
U trenutku opažanja pritiskom na dirku ENTER vrijeme opažanja ulazi u memoriju računala kao varijabla  $T(I, J)$ ; na ekranu se pojavljuje »hs«. Upisujemo izmjerenu visinu koja pritiskom na ENTER ulazi u memoriju kao varijabla  $S(I, J)$ .

c) Modeliranje početnih uvjeta i efemeridnih podataka — Modul »C«.  
Ovaj modul »traži« (ispisujući na ekranu) sve ostale ulazne veličine potrebne za računanje, počevši od početnih uvjeta do parametara relevantnih za nebesko tijelo koje se opaža, i unosi ih u memoriju računala. Napomenut ćemo da su parametri sistema one veličine koje se u toku procesa ne mijenjaju, a karakteristične su za promatrani sistem, te njegove početne uvjete i vremenske transformacije.

d) Modeliranje satnog kuta  $P(I, J)$  i deklinacije  $D(I, J)$  za trenutak opažanja — Modul »D«.

e) Modeliranje visine prave, visine računate, azimuta i razlike visina, te svođenje ove razlike na trenutak i mjesto zadnjeg opažanja — Modul »E«.

f) Modeliranje parametara statističke populacije — Modul »F«.  
Ovaj modul funkcionira samo kad u uzorku imamo tri ili više elemenata ( $m \geq 3$ ), a u suprotnom program preskače ovaj modul.

g) Modeliranje procijenjenih vrijednosti slučajnih grešaka na osnovi Navigacijske distribucije — Modul »G«.  
Ovaj modul računa procijenjene vrijednosti slučajnih grešaka samo kad je koeficijent zakrivljenosti  $K_z$  u intervalu  $(4/3, 12/5)$ , a u suprotnom program preskače ovaj modul.  
Procijenjene vrijednosti su varijanta regresijskih vrijednosti (kvadratna regresija) transformiranih putem Navigacijske distribucije za navigacijske potrebe.

i) Ispisivanje prve skupine izlaznih veličina — Modul »I«.  
Zadatak modula »I« je ispisivanje na ekranu ili na vrpcl, kad je računalo priključeno na pisač (printer), slijedećih podataka:  
— azimut zadnjeg opažanja ( $Z_n$ ) i aritmetičku sredinu  $dv$   
— ocjenu standardne devijacije osnovnog skupa ( $sp$ ) i maksimalnu vrijednost slučajne greške procijenjenu navigacijskom distribucijom kad je  $4/3 \leq K_z \leq 12/5$ , odnosno kao produkt  $K_z \cdot sp$  kad je  $K_z > 12/5$   
— koeficijent asimetrije ( $K_a$ ) i koeficijent zakrivljenosti ( $K_z$ ) za krivulju distribucije  
— razlike visina i azimute za svako pojedino opažanje

Sve ove podatke računalo ispisuje za svako od  $n$  opaženih tijela i to redom opažanja.

j) Ispisivanje druge skupine izlaznih veličina — Modul »J«.

Te izlazne veličine su: nivo pouzdanosti, opažena greška i procijenjena greška sve u jednom retku. Za  $m$  opažanja imamo  $m$  redaka za svako nebesko tijelo.

k) Modeliranje položaja broda kod opažanja dva i više nebeskih tijela i to  $n - 1$  položaj i konačno vjerojatni položaj  $P_v$  slobodan od sistematske greške (za  $n \geq 3$ ) — Modul »K«.

Računalo još ispisuje i numeričku vrijednost sistematske greške, kao i sve slučajne greške koje su na danom nivou povjerenja (zavisno od veličine uzorka) jednake standardnoj devijaciji  $sp$ . Da bismo imali kompletne podatke za eventualnu provjeru računa na klasični ili neki drugi način, ovaj modul još ispisuje i sve opažene visine kao i vremena opažanja.

Ovaj program zadovoljava kako praktične tako i teoretske potrebe u vezi rješavanja ovog problema.

Kad je riječ samo o praktičnim potrebama mogu se slobodno iz programa izostaviti moduli »G«, »H« i »J«, a modul »I« skratiti tako da ispisuje samo  $Z_n$ ,  $dv$  i  $sp$ . Kod opažanja dva i više tijela moglo bi se izostaviti i cijeli modul »F«, ali to se ne preporuča, jer u slučaju zabune prilikom upisivanja izmjerenih visina moći će se to i otkriti inspekcijom razlika visina. Naime, jedna nenormalno velika vrijednost, koja odudara od ostalih, ukazat će na zabunu. Tu vrijednost je tada moguće ispustiti i ponovo računati od modula »F« do »K«.

Moglo bi se program preinačiti tako da automatski izostavlja najveću vrijednost, ali bi trebalo onda povećati uzorak za jedan.

Konačno što se tiče pojedinih modula u programu kao cjelini možemo sumirati: Moduli »A«, »B« i »C« prikupljaju ulazne veličine i unose ih u memorije računala, moduli »D«, »E«, »F«, »G« i »H«, a djelomično i »K« obrađuju dobivene podatke i izračunavaju izlazne veličine, a moduli »I«, »J« i »K« ispisuju izlazne veličine na ekranu računala ili na papirnoj vrpci kad je računalo priključeno na odgovarajući pisac.

#### 4. SISTEM MODELA

Sistem je određen skupom parametara, skupom varijabli i skupom funkcionalnih veza i odnosa među parametrima i varijablama. Skupove parametara i varijabli dat će se skupa sa sistemom simbola, a ovdje će se obraditi skup funkcionalnih veza i odnosa.

##### Modeliranje satnog kuta i deklinacije ( $P_i$ i $D_i$ )

$$58 \dots P_i = GHA_n + (T_i - T_0) \cdot (15 + \dot{Q}) + SHA + \lambda_z$$

$$Q = 360 / (365.25 \cdot 24) = 0.0411 \quad \text{za zvijezde}$$

$$Q = 0 \quad \text{za Sunce}$$

$$Q = -0.6833 + v/60 \quad \text{za Mjesec}$$

$$Q = v/60 \quad \text{za planete}$$

$$59 \dots D_i = D_n + (T_i - T_0) \cdot d$$

##### Modeliranje visine ( $V_p$ ), visine računate ( $V_r$ ), azimuta ( $\omega$ ), pramčanog kuta ( $\alpha$ ), razlike visina ( $dv$ )

$$60 \dots V_{p_i} = V_{s_i} + r + \pi \cos V_{s_i} - \text{ctg}(V_{s_i} + 0.7^\circ) - 1.77 \sqrt{v_0}$$

$$61 \quad V_{r_i} = \arcsin(\sin \varphi \sin D_i + \cos \varphi \cos D_i \cos P_i)$$

$$62 \dots \omega_i = \arcsin \frac{\sin D_i - \sin \varphi \sin V_{r_i}}{\cos \varphi \cos V_{r_i}}$$

$$63 \dots \alpha_i = \omega_i - K$$

$$64 \dots \text{Dist}_{.i} = (T_n - T_i) \cdot \text{brzina}$$

$$65 \dots V_{p_{\text{kor.}i}} = V_{p_i} + \text{Dist}_{.i} \cos \alpha_i$$

$$66 \dots dv = V_{p_{\text{kor.}i}} - V_{r_i}$$

##### Modeliranje statistike empirijske distribucije

$$67 \dots \bar{d}v = 1/m \sum_{i=1}^m dv_i$$

$$68 \dots x_{0_i} = dv_i - \bar{d}v$$

$$69 \dots s = \sqrt{1/m \sum x_{0_i}^2}$$

$$70 \dots sp = s \sqrt{m/(m-1)}$$

$$71 \dots se = sp / \sqrt{m} = s / \sqrt{m-1}$$

$$72 \dots Ka = (1/m \sum_{i=1}^m x_{0_i}^3) / s^3$$

$$73 \dots Kz = (1/m \sum_{i=1}^m x_{0_i}^4) / s^4$$

##### Modeliranje očekivanih (procijenjenih) vrijednosti slučajne greške ( $x_e$ ) putem Navigacijske distribucije

$$74 \dots x_{e_i} = \frac{-b/2 + \sqrt{(b/2)^2 + a \cdot F(x)_i}}{a}$$

Kad je  $a = 0$  formulu 74 zamjenjuje formula 75:

$$75 \dots x_{e_i} = F(x)_i / b$$

$F(x)_i$  po padajućim vrijednostima računat će se:

<sup>1</sup> Brojevi kojima se označavaju formule nastavljaju se iz prethodnog članka »Zakoni o vjerojatnosti slučajnih navigacijskih grešaka«

$$76 \quad \dots \quad F(x)_i = \frac{m+1-i}{m} \text{EXP}(-1/m)^2$$

$$77 \quad \dots \quad a = \frac{2(1-2y)}{\lambda^2}$$

$$78 \quad \dots \quad b = \frac{4y-1}{\lambda}$$

$$79 \quad \dots \quad \lambda = \text{sp} \cdot \sqrt{\frac{3}{2(1-y)}}$$

$$80 \quad \dots \quad y = \frac{10Kz - 6 - \sqrt{36 - 15Kz}}{10Kz}$$

Modeliranje položaja broda i sistematske greške

Kod opažanja  $n$  nebeskih tijela izračunat će se  $n-1$  položaj:

$$81 \quad \dots \quad \varphi_i = \varphi_z + \frac{d\varphi_{i+1} \sin \omega_i - d\varphi_i \sin \omega_{i+1}}{\sin(\omega_i - \omega_{i+1})}$$

$$82 \quad \dots \quad \lambda_i = \lambda_z + \frac{d\lambda_{i+1} \cos \omega_{i+1} - d\lambda_i \cos \omega_i}{\cos \varphi_z \sin(\omega_i - \omega_{i+1})}$$

Da bi se eliminirala sistematska greška (njezin konstantni dio) potrebno je opaziti najmanje tri nebeska ti-

jela. Ukupno uzevši najpovoljnije je opažati tri tijela s približnom razlikom azimuta od  $120^\circ$ .

Tri pravca položaja obično zatvaraju trokut. Tri vrhove trokuta brojimo 1, 2 i 3, tada će se slijedećim formulama izračunati položaj slobodan od sistematske greške kao i numeričku vrijednost same greške.

$$83 \quad \dots \quad \text{ctg } S_1 = \frac{\sin \omega_1 - \sin \omega_2}{\cos \omega_2 - \cos \omega_1}$$

$$84 \quad \dots \quad \text{cot } S_2 = \frac{\sin \omega_2 - \sin \omega_3}{\cos \omega_3 - \sin \omega_2}$$

$$85 \quad \dots \quad a = (\varphi_1 - \varphi_2) - (\lambda_1 - \lambda_2) \cos \varphi_2 \text{ctg } S_1$$

$$86 \quad \dots \quad b = \text{ctg } S_2 - \text{ctg } S_1$$

$$87 \quad \dots \quad \varphi_v = \varphi_2 + d\varphi \quad d\varphi = (a \cdot \text{ctg } S_2) / b$$

$$88 \quad \dots \quad \lambda_v = \lambda_2 + d\lambda \quad d\lambda = \frac{a}{b \cos \varphi_2}$$

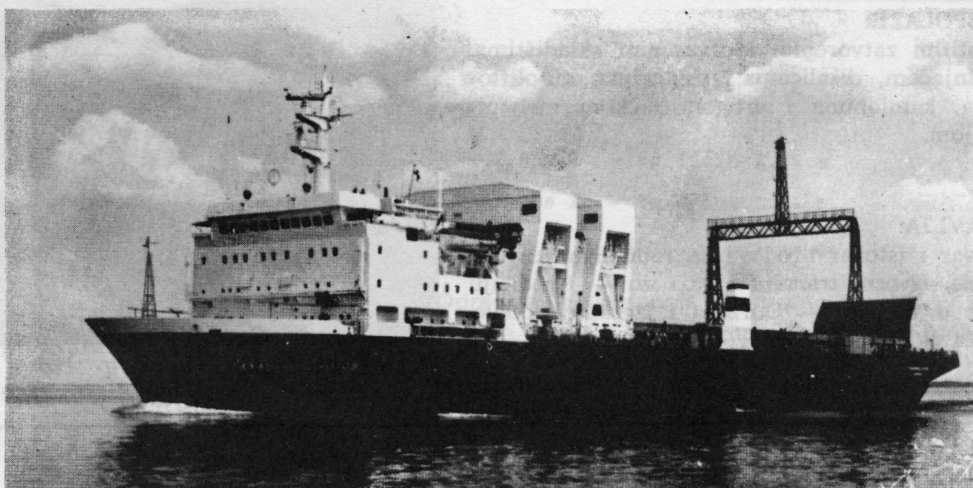
$$89 \quad \dots \quad C = \frac{\sin(\omega_3 - \omega_2)}{\sin \omega_3 - \sin \omega_2} \cdot d\varphi$$

## 5. SISTEM SIMBOLA I SKUP PARAMETARA I VARIJABLI

|                 |                          |  |
|-----------------|--------------------------|--|
| <b>A</b>        | ,                        | brojač   |
| <b>A (I, J)</b> | , <b>dv</b>              | razlika visina   |
| <b>AA (J)</b>   | , <b>F(x)</b>            | funkcija distribucije, postotna greška                 |
| <b>AAS (I)</b>  | ,                        | »karakter« varijabla (character variable)              |
| <b>A1</b>       | , <b>a</b>               | koeficijent (kvadratnog člana kvadratne jednadžbe)     |
| <b>B (J)</b>    | , <b>D<sub>h</sub></b>   | deklinacija za integralni sat opažanja                 |
| <b>B1</b>       | , <b>b</b>               | koeficijent (linearnog člana kvadratne jednadžbe)      |
| <b>C (I, J)</b> | , <b>V<sub>r</sub></b>   | visina računata  |
| <b>C</b>        | , <b>K</b>               | kurs   |
| <b>D (I, J)</b> | , <b>D</b>               | deklinacija  |
| <b>E (J)</b>    | , <b>d</b>               | prirast deklinacije za jedan sat                       |
| <b>F (I, J)</b> | , <b>x<sub>o</sub></b>   | opažene greške poredane po padajućem nizu              |
| <b>FF (J)</b>   | , <b>ϕ</b>               | geografska širina                                      |
| <b>G (J)</b>    | , <b>GHA<sub>h</sub></b> | srednje vrijeme Greenwich-a za integralni sat opažanja |
| <b>H (J)</b>    | , <b>λ</b>               | maksimalna očekivana vrijednost slučajne greške        |
| <b>I (J)</b>    | , <b>a</b>               | koeficijent Navigacijske distribucije                  |
| <b>J (J)</b>    | , <b>Ka</b>              | koeficijent asimetrije                                 |

<sup>2</sup> ČUMBELIĆ Petar, »Pouzdanost navigacijskih sistema u integralnom i multimodalnom transportu«, Magistarski rad, Fakultet za pomorstvo i saobraćaj, Rijeka 1985. (strana 101, formula 140).

|           |   |                |   |
|-----------|---|----------------|---|
| I         | , |                | brojač  |
| J         | , |                | brojač  |
| K (J)     | , | Kz             | koeficijent zakrivljenosti  |
| L (J)     | , | b              | koeficijent Navigacijske distribucije                                   |
| LL (J)    | , | $\lambda$      | geografska dužina   |
| M (J)     | , | $\bar{d}_v$    | aritmetička sredina razlike visina                                      |
| M         | , | m              | broj opservacija  |
| N (J)     | , | r              | polumjer nebeskog tijela  |
| N         | , | n              | broj opaženih nebeskih tijela   |
| O (I, J)  | , | V <sub>P</sub> | visina prava  |
| P (I, J)  | , | P              | satni kut   |
| Q (J)     | , | SHA            | surektascenzija   |
| QQ (J)    | , | Q              | konstanta   |
| R (I, J)  | , | $\alpha$       | pramčani kut (azimut minus kurs)  |
| S (I, J)  | , | V <sub>S</sub> | visina izmjerena sekstantom   |
| SP (J)    | , | sp             | centrirana ocjena standardne devijacije osnovnog skupa, slučajna greška |
|           |   | s              | standardna devijacija uzorka  |
| T (I, J)  | , | T              | vrijeme opažanja  |
| TS (I, J) | , |                | »karakter« varijabla (character variable)                               |
| U (J)     | , | v              | koeficijent korektura GHA za minute i sekunde                           |
| V         | , | b              | brzina broda  |
| W (I, J)  | , | w              | simbol za očekivane vrijednosti kod ispisivanja na papirnatu traku      |
| X (I, J)  | , | x <sub>o</sub> | opažene slučajne greške   |
|           |   | x <sub>e</sub> | očekivane (procijenjene) vrijednosti slučajnih grešaka                  |
| Y (J)     | , | Y              | ordinata, koeficijent Navigacijske distribucije                         |
| Z (I, J)  | , | w              | azimut  |
| E         | , | vo             | visina oka  |
| F         | , | Y <sub>Z</sub> | zbrojena širina   |
| L         | , | $\lambda_z$    | zbrojena dužina   |
| FF        | , | Y <sub>v</sub> | vjerojatna geografska širina  |
| LL        | , | $\lambda_v$    | vjerojatna geografska dužina  |
| SG        | , | C              | sistematska greška  |



Okvako definiran simulacijski model rješava opći navigacijski problem u sustavu astronomske i zbrojene plovidbe.

Položaj broda i prostor vjerojatnosti određen je kvantitativnom metodom umjesto intuitivno kao što je to do sada bio običaj.

Točnost položaja broda povećava se pet do deset puta tj. prostor vjerojatnosti se za toliko puta smanjuje. Naime, kad se opaža tri ili više nebeskih tijela, najprije se eliminira konstantni (najveći) dio sistematske greške, a slučajne greške svode se u granice standardnih grešaka njihovih aritmetičkih sredina, a to u praksi iznosi od 0,2' do 0,6' na nivou pouzdanosti od 90 do 99%.

Ove podatke autor je dobio vršeći opažanja u konkretnoj navigacijskoj praksi u raznim atmosferskim, meteorološkim i klimatskim prilikama po svim morima svijeta.

U povoljnim prilikama kad je vrijeme i more bilo tiho i mirno, vidljivost dobra, horizont oštar, a opažač iskusan i uvježban, standardna greška može biti i ispod jedne desetinke minute (0,1'). Najveću standardnu grešku u ekstremno nepovoljnim prilikama zabilježilo se za uzorak od deset elemenata u vrijednosti od 0,3'.

Nivo pouzdanosti zavisiće će od veličine uzorka i načina računanja. Naime, u povoljnim prilikama uzimala se Studentova razdioba, a u ostalim Čebiševljeva nejednakost.

Može se zaključiti da je kvantitativni pristup kod rješavanja problema navigacijskih grešaka nova kvaliteta u rješavanju navigacijskih problema.

<sup>1</sup> Čumbelić Petar, Pouzdanost navigacijskih sistema u integralnom i multimodalnom transportu, Magistarski rad, Fakultet za pomorstvo i saobraćaj Rijeka, 1985.

<sup>2</sup> Čumbelić Petar, Primjena numeričkih i statističkih metoda u astronomskoj navigaciji, Hidrografski institut JRM, Split 1986.

<sup>3</sup> Čumbelić Petar, Modeli i njihove simulacije u sistemu astronomske navigacije, Doktorska disertacija, Fakultet za pomorstvo i saobraćaj Rijeka, 1986.

<sup>4</sup> Čumbelić Petar, The Distribution of Navigational Errors, The Royal Institute of Navigation, London, 1988.

<sup>5</sup> Čumbelić Petar, Zakoni vjerojatnosti slučajnih navigacijskih grešaka, Hidrografski institut JRM Split, 1988.

## THE DISTRIBUTION OF NAVIGATIONAL ERRORS Mathematical Model and System of Symbols

### ABSTRACT

We define in this paper the general problem in astro—navigation by formalizing the process of governing the object (the ship). When  $n$  celestial bodies are observed  $m$  times each, the polygon of uncertainty is defined. The program is divided into its integral moduls which solve the specific parts of this complex problem. The mathematical model is defined by set of equations, that express the relations between the input and output of the system, the set of parameters and the set of variables. Also the system of symbols and the Flow Chart for computer simulation are defined.

In the conclusion the advantage of the quantitative analysis versus intuition regarding accuracy of the ship position is pointed out.

# „LUKA DUBROVNIK“ DUBROVNIK

Gruška obala bb  
Telefon: 23-350; Telex 27567 YU LUKADU  
Brzjav: LUKA DUBROVNIK

### RASPOLAZE:

Vlastitim zatvorenim i otvorenim skladištima, hladnjačom, dizalicama, traktorima, autoliftovima, kamionima i drugom lučkom mehanizacijom.

### OBAVLJA:

Utovar i istovar brodova za robu namijenjenu uvozu, izvozu, tranzitu i razvozu — Špediciju robe u razvozu — Održava i izgrađuje obale. Pruža kompletan servis jahtama.



Pogled na Grušku luku, u sredini slike ističe se hladnjača