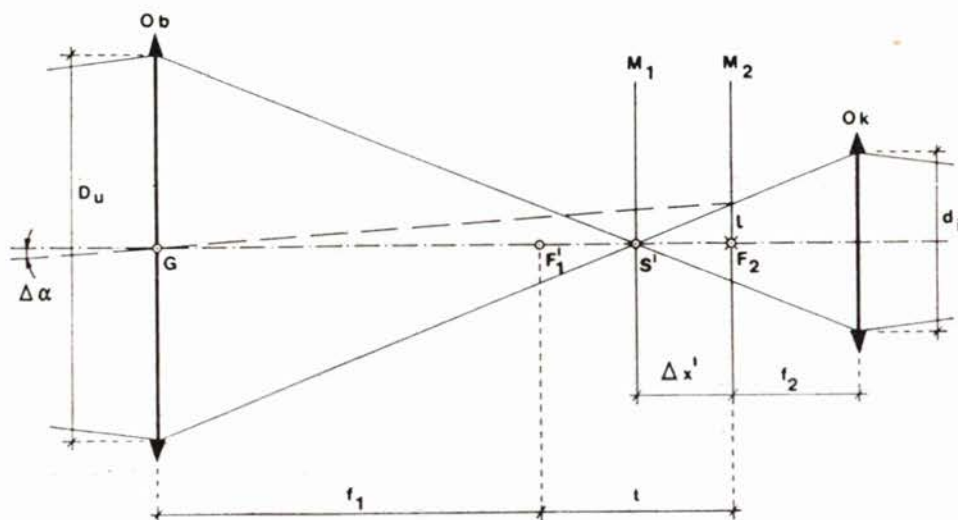


TOČNOST IZOŠTRAVANJA I SREDNJA POGREŠKA VIZURNOG PRAVCA USLIJED PARALAKSE NITNOG KRIŽA DURBINA U RAZLIČITIM UVJETIMA MJERENJA NA TERENU

Krsto ŠIMIČIĆ — Zagreb*

1. UVOD I TEORIJSKA RAZMATRANJA

Izoštravanjem slike mjernog objekta postiže se osim zadovoljavajuće oštrote slike i njeno dovođenje u ravninu nitnog križa durbina. Pogreška u izoštravanju uzrokuje nepodudarnost (razmak) mjernih ravnina $\Delta x'$ (sl. 1), ravnine slike mjernog objekta M_1 i ravnine nitnog križa M_2 .



Sl. 1. Pogreška vizurnog pravca uslijed paralakse nitnog križa durbina

Nepodudarnost mjernih ravnina uzrokuje paralaksu nitnog križa durbina, koja utječe na točnost mjerenja vizurnog pravca. Ovo posebno dolazi

* Adresa autora: Doc. dr Krsto Šimičić, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, Kačićeva 26.

do izražaja pri mjerenjima visoke točnosti (npr. precizni nivelman visoke točnosti, pri izgradnji i određivanju deformacija mostova, brana, različitih postrojenja i sl.).

Optimalnim podešavanjem durbina za mjerenje, odnosno ispravnim dioptriranjem i izoštravanjem možemo paralaksu nitnog križa durbina reducirati na minimalne iznose. I uz najveću pažnju pri mjerenju paralaksa nitnog križa durbina ne može se sasvim ukloniti. Paralaktički uplivi će najmanje utjecati na rezultate mjerenja u slučaju da je okular, pri promatranju kroz durbina, u optimalnom položaju, te da je opažatelj dovoljno koncentriran.

Prizemni atmosferski slojevi, u kojima se obavlja veći dio mjerenja, su vrlo nestabilni, pa će i stanje u atmosferi utjecati na točnost izoštravanja slike mjernog objekta. Ovo posebno dolazi do izražaja pri jačoj insolaciji. Tada se, promatranjem kroz durbina, primjećuje jače titranje slike mjernog objekta. Rezultat toga je pojava paralakse nitnog križa durbina u većem iznosu, koja može znatno umanjiti točnost mjerenja vizurnog pravca. Prema tome, možemo u ranom jutarnjem i kasnijem popodnevnom razdoblju dana, pri slabijoj insolaciji, očekivati i manju pogrešku vizurnog pravca uslijed paralakse nitnog križa durbina.

Posljedica razmaka mjernih ravnina $\Delta x'$ je pogreška vizurnog pravca uslijed paralakse nitnog križa durbina $\Delta \alpha$ (sl. 1). Razmak mjernih ravnina možemo odrediti po formuli:

$$\Delta x' = \Delta_p \cdot P, \quad (1)$$

gdje je:

Δ_p zakret prstena (vijka) za izoštravanje (očitava se na milimetarskoj skali pričvršćenoj na prsten, odnosno vijak za izoštravanje),

P prenosni faktor durbina (određuje se u laboratoriju pomoću kolimatora).

Teorijski maksimalna pogreška vizurnog pravca uslijed paralakse nitnog križa durbina je, prema [1]:

$$\Delta \alpha_{\max}^* = \frac{d_i}{2 \cdot f_2^2 \cdot \Gamma_a} \cdot \rho'' \cdot \Delta x', \quad (2)$$

gdje je:

d_i promjer izlazne pupile durbina (mm),

f_2 žarišna daljina okulara (mm),

Γ_a povećanje durbina kod kojeg je daljina promatranja prostim okom jednaka udaljenosti mjernog objekta od prednje glavne ravnine teleobjektiva,

$\Delta x'$ razmak mjernih ravnina (mm).

Srednju pogrešku vizurnog pravca uslijed paralakse nitnog križa durbina možemo odrediti, prema [1], [4]:

$$m_p^* = \pm \frac{d_i}{40 \cdot f_2^2 \cdot \Gamma_a} \cdot \rho'' \cdot \Delta x'. \quad (3)$$

Navedeni izrazi su korišteni u predmetnim ispitivanjima.

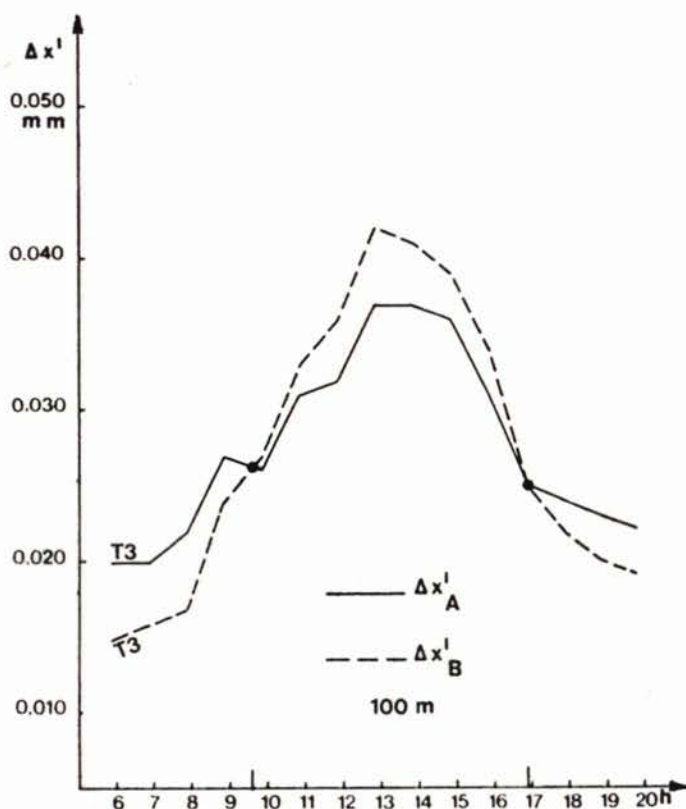
U ovom radu će se prikazati djelovanje ukupnih atmosferskih utjecaja na točnost izoštravanja odnosno paralaksu nitnog križa durbina, a time i na pogrešku vizurnog pravca uslijed paralakse nitnog križa durbina.

2. EKSPERIMENTALNA ISPITIVANJA

Ispitivanja točnosti izoštravanja s posebnim osvrtom na paralaksu nitnog križa durbina su obavljena u različitoj dobi dana ljeti i na različitim udaljenostima. Na temelju ovih ispitivanja dobiven je trend atmosferskih utjecaja na točnost mjerenja vizurnog pravca.

Mjerenja su obavljena s teodolitima WILD T3, WILD T2, ZEISS THEO 010A i s nivelirima WILD N3, ZEISS Ni 025, ZEISS Ni 004, ZEISS KONI 007, ZEISS — Opton Ni2. Pri opažanju je okular durbina bio u optimalnom položaju. Slika mjernog objekta je izoštravana s dvije metode:

1. metoda najpovoljnije oštine slike (metoda A) i
2. metoda poništavanja paralakse (metoda B).



Sl. 2. Točnost izoštravanja preko mora u različitoj dobi dana ljeti, na udaljenosti 100 m

Opažalo se u sunčanim danima od 6 do 20 sati, u serijama od po 60 opažanja, svakog punog sata. S teodolitima se opažalo na udaljenosti 10m, 40 m, 100 m, 500 m, 1500 m, 4700 m i 7650 m preko mora na otoku Rabu, a s nivelirima na udaljenostima 10 m, 25 m i 40 m na travnatom terenu (otok Rab). Znači, opažalo se od jutarnjih (povoljnijih) uvjeta prema nepovoljnijim uvjetima (središnji dio dana), te u kasnijem popodnevnom razdoblju (uvjeti su opet povoljniji), pa do zalaska Sunca. S teodolitom WILD T3 opažanja su još izvedena i na kamenjaru (otok Rab), te na travnatom terenu (kraj Zagreba), u sunčanim i oblačnim danima ljeti, na udaljenostima 10 m, 40 m, 100 m, 500 m i 1500 m.

Zbog velikog broja podataka prikazat će se rezultati mjerenja samo za teodolit WILD T3.

Rezultati mjerenja u različitoj dobi dana prikazani su u tablici za karakteristična razdoblja dana (u 6, 13 i 20 sati). Grafički prikaz je izrađen na temelju svih rezultata mjerenja. Tabelarni i grafički prikaz je za udaljenost 100 m (tablica 1 i slike 2, 3, 4).

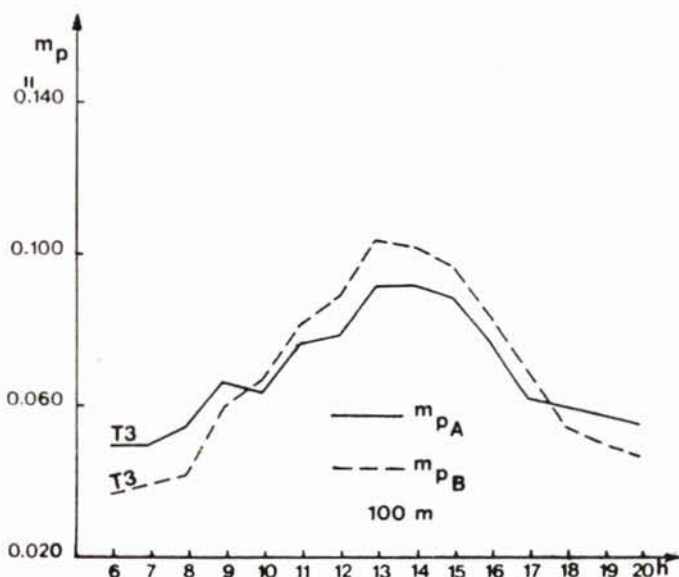
Tablica 1

TOČNOST IZOŠTRAVANJA $\Delta x'$ I SREDNJA POGREŠKA VIZURNOG PRAVCA USLIJED PARALAKSE NITNOG KRIŽA DURBINA m_p								
Teodolit : WILD T3 br. 8623.								
Položaj okulara: optimalan.								
Udaljenost : 100 m.								
Opažач : K. Šimičić, srpanj i kolovoz 1984. i 1985. g.								
Broj mjerenja : 60.								
Početak opažanja (sat) Slika	Preko mora		Na kamenjaru		Na travnatom terenu			
					Sunčano		Oblačno	
	$\Delta x'_A$ (mm) m'_{pA}	$\Delta x'_B$ (mm) m'_{pB}	$\Delta x'_A$ (mm) m'_{pA}	$\Delta x'_B$ (mm) m'_{pB}	$\Delta x'_A$ (mm) m'_{pA}	$\Delta x'_B$ (mm) m'_{pB}	$\Delta x'_A$ (mm) m'_{pA}	$\Delta x'_B$ (mm) m'_{pB}
6 mirna	0.020 0.050	0.015 0.037	0.021 0.052	0.017 0.042	0.019 0.047	0.015 0.037	0.017 0.042	0.014 0.035
13 titra	0.037 0.092	0.042 0.104	0.044 0.109	0.063 0.156	0.049 0.121	0.052 0.129	0.030 0.074	0.029 0.072
20 mirna	0.022 0.055	0.019 0.047	0.029 0.072	0.021 0.052	0.024 0.060	0.019 0.047	0.017 0.042	0.013 0.032

Opaska: Indeksi A i B označavaju primijenjenu metodu izoštravanja

Iz ovih prikaza se vrlo lijepo vidi, ne samo točnost primijenjenih metoda izoštravanja (A i B) u različitim uvjetima, već i razdoblja dana u kojima je točnost izoštravanja metodom A veća od točnosti metodom B. Na slici 4 vidi se ovo razdoblje između približno 10 sati do približno 17 sati odnosno 18 sati (vidi i [2]).

Rezultati mjerenja na različitim udaljenostima prikazat će se, također samo za teodolit WILD T3, u 6 sati, preko mora (tablica 2 i slike 5, 6).



Sl. 3. Srednja pogreška vizurnog pravca uslijed paralakse nitnog križa durbina preko mora u različitoj dobi dana ljeti, na udaljenosti 100 m

Iz grafičkih prikaza može se zaključiti da se ovisnost točnosti izoštravanja $\Delta x'$ i srednja pogreška vizurnog pravca uslijed paralakse nitnog križa durbina m_p o dobi dana može prikazati funkcijom oblika polinoma (slike 7 i 8). Ovisnost točnosti izoštravanja o udaljenosti, $\Delta x'$ i m_p mogu se aproksimirati logaritamskom funkcijom (slike 9 i 10). Pri određivanju aproksimacijskih krivulja korištene su odgovarajuće matematičko-statističke metode.

3. ZAKLJUČAK

Na temelju rezultata ispitivanja može se zaključiti da je točnost izoštravanja $\Delta x'$ najveća, a time je srednja pogreška vizurnog pravca uslijed paralakse nitnog križa durbina m_p najmanja u optimalnim uvjetima mjerenja, pri optimalnom položaju okulara. Optimalni uvjeti mjerenja na terenu su, prema ovim ispitivanjima, u ljetnim sunčanim danima do oko 8.30 sati (od izlaska Sunca do oko 2 sata poslije izlaska Sunca) i od oko 18.30 sati (oko 2 sata prije zalaska Sunca), do zalaska Sunca. Pri oblačnom vremenu optimalna razdoblja su dulja. Paralaktički utjecaji su u jutarnjem optimalnom razdoblju dana najmanji, pa se preporuča da se tada i obavljaju precizna mjerenja.

Uslijed različitog djelovanja insolacije i konvekcije topline, a time i kretanja zračnih slojeva na različitim terenima, te njihovog izraženijeg utjecaja na većim udaljenostima na titranje slike mjernog objekta, za ispitivanja u ljetnim danima, dobiveni su i različiti rezultati za $\Delta x'$ i m_p .

Izrazito najpovoljniji rezultati su pri oblačnom vremenu, zatim dolaze rezultati dobiveni mjerenjem preko mora, te na kamenjaru i na travnatom terenu, za sunčanih dana. Približno jednake rezultate imamo za opažanja na

Tablica 2

TOČNOST IZOŠTRAVANJA $\Delta x'$ I SREDNJA POGREŠKA VIZURNOG PRAVCA
USLIJED PARALAKSE NITNOG KRIŽA DURBINA m_p

Teodolit : WILD T3 br. 8623.

Položaj okulara: optimalan.

Opažanje : 6 do 6.30 sati.

Opažач : K. Šimičić, kolovoz 1984. godine.

Broj mjerenja : 60.

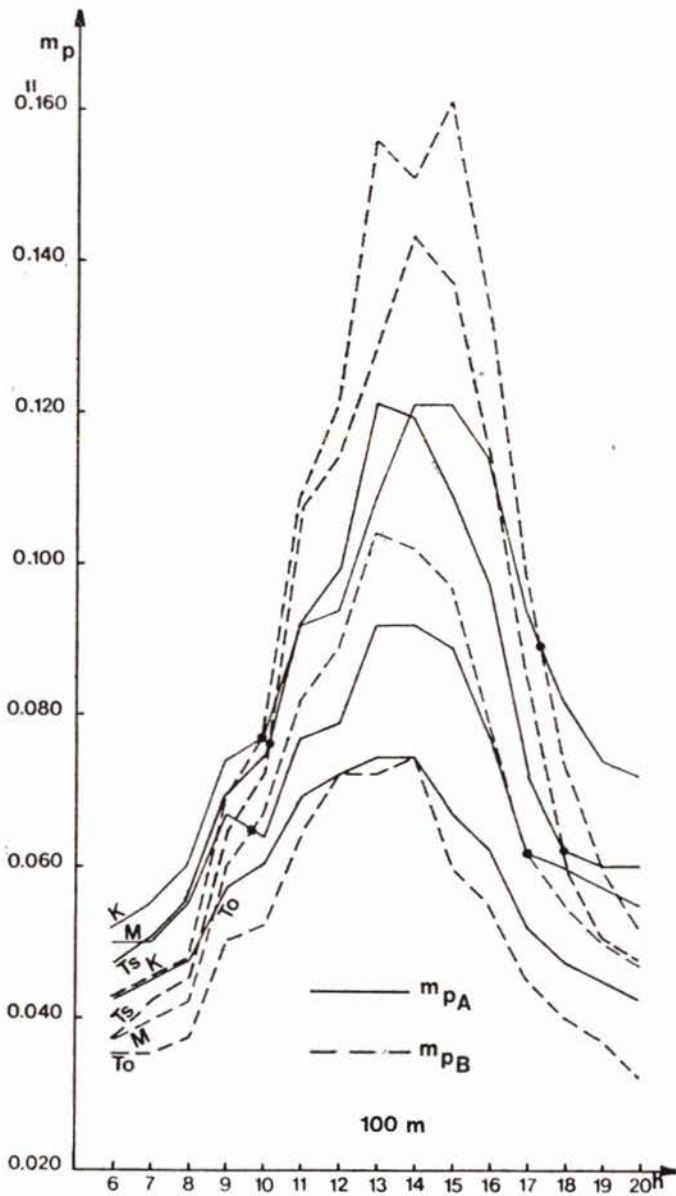
Udaljenost (m)	$\Delta x'_A$ (mm) $m_{\rho A}$	$\Delta x'_B$ (mm) $m_{\rho B}$
10	0.015 0.042	0.010 0.028
40	0.018 0.046	0.013 0.033
100	0.020 0.050	0.015 0.037
500	0.022 0.054	0.018 0.044
1500	0.023 0.056	0.019 0.046
4700	0.024 0.058	0.020 0.049
7650	0.024 0.058	0.020 0.049

kamenjaru i na travnatom terenu u sunčanim danima, u toku cijelog dana i na svim udaljenostima na kojima se opažalo. Razlike u točnostima mjerenja na različitim terenima nisu značajne u jutarnjem optimalnom razdoblju (do oko 8.30 sati) i krajem dana na kraćim udaljenostima.

Utjecaj paralakse nitnog križa durbinna se povećava do približno 500 m udaljenosti (ovisno o rangu točnosti teodolita i povoljnosti terenskih uvjeta), a nadalje se, iako s tendencijom porasta, može smatrati konstantnim.

Preporuča se, na temelju ispitivanja, ukoliko je nužno točnije mjerenje u središnjem razdoblju dana, da se pri jačoj insolaciji i na većim udaljenostima opaža s teodolitima višeg ranga točnosti, budući da su u tim uvjetima s tim teodolitima paralitički utjecaji znatno manji. Očito je, da se paralaktički utjecaji na točnost mjerenja durbinima geodetskih instrumenata mogu reducirati na minimalne iznose uz uvjet optimalnog podešavanja durbinna (posebno okulara), potrebnu pažnju opažачa, odgovarajući instrumentarij i pribor, te povoljne uvjete opažanja.

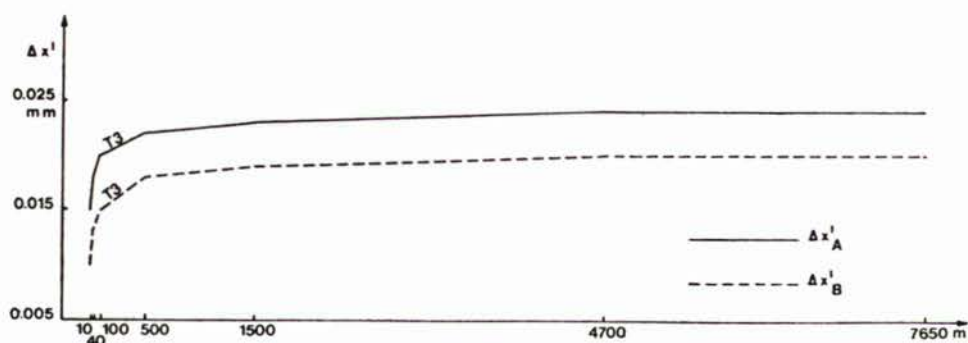
Treba napomenuti, da se jednom postavljen okular u optimalan položaj ne smije više pomicati u toku opažanja. Ukoliko se primjeti neoštrina slike



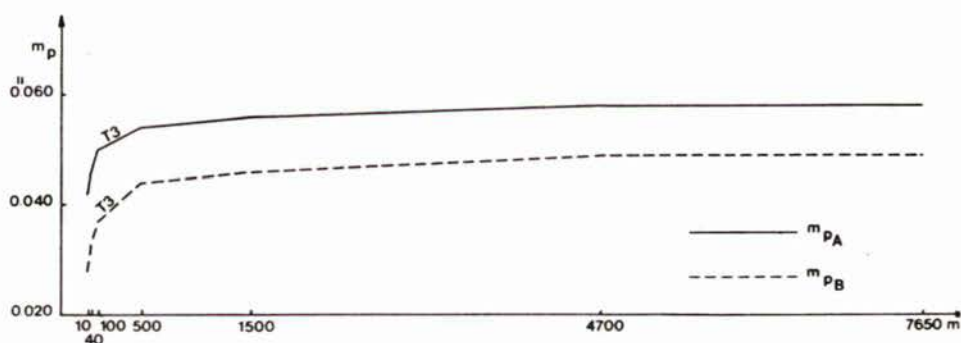
Sl. 4. Srednja pogreška vizurnog pravca uslijed paralakse nitnog križa durina, na terenu: M — preko mora, K — kamenjar, T_s — travnati teren (sunčano), T_o — travnati teren (oblačno)

treba prekinuti s opažanjem. Uzrok tome može biti umor oka ili neispravno podešen durbin (najčešće samo neispravno podešen okular).

Navedenih preporuka treba se pridržavati naročito pri mjerenjima visoke točnosti.



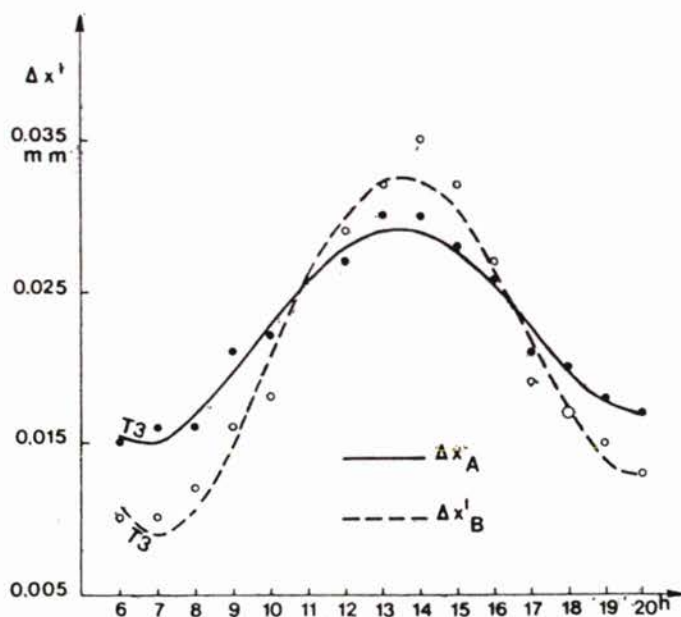
Sl. 5. Točnost izoštravanja preko mora, u 6 sati



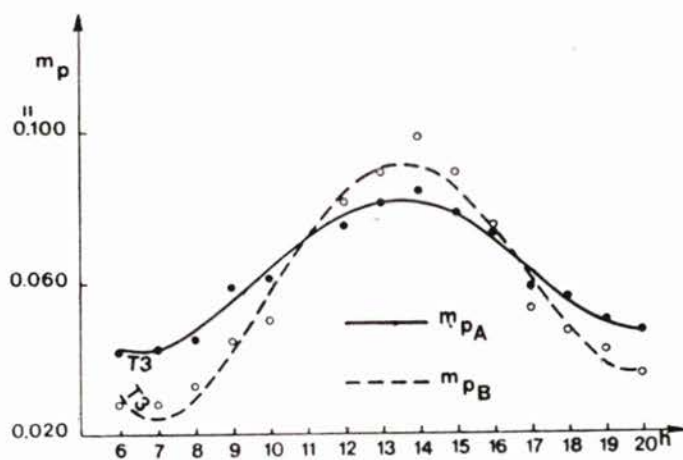
Sl. 6. Srednja pogreška vizurnog pravca uslijed paralakse nitnog križa durbina preko mora, u 6 sati

LITERATURA

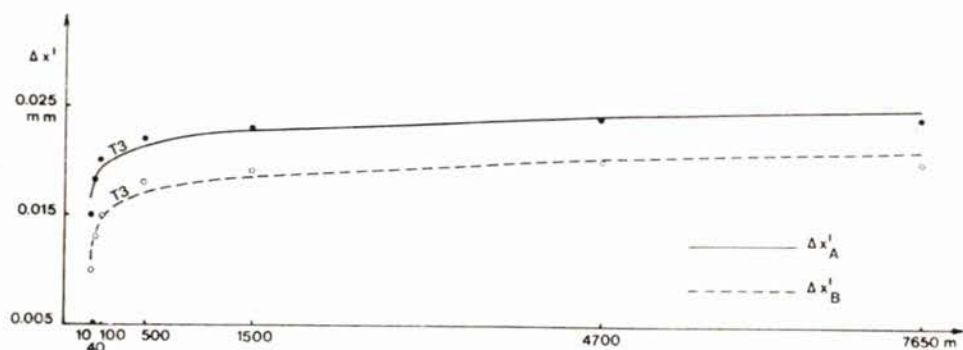
- [1] Benčić, D.: Prilog teoriji subjektivnih optičkih instrumenata primjenjenih u mjernoj tehnici, disertacija, Geodetski fakultet, Zagreb, 1979.
- [2] Benčić, D.: Ispitivanja paralaktičkih utjecaja, Geodetski list, 1984, 4—6, 91—100.
- [3] Šimičić, K.: Prilog ispitivanjima paralaktičkih utjecaja na točnost mjerenja nivelirima, magistarski rad, Geodetski fakultet, Zagreb, 1983.
- [4] Šimičić, K.: Prilog ispitivanjima funkcije durbina geodetskih instrumenata, disertacija, Geodetski fakultet, Zagreb, 1987.



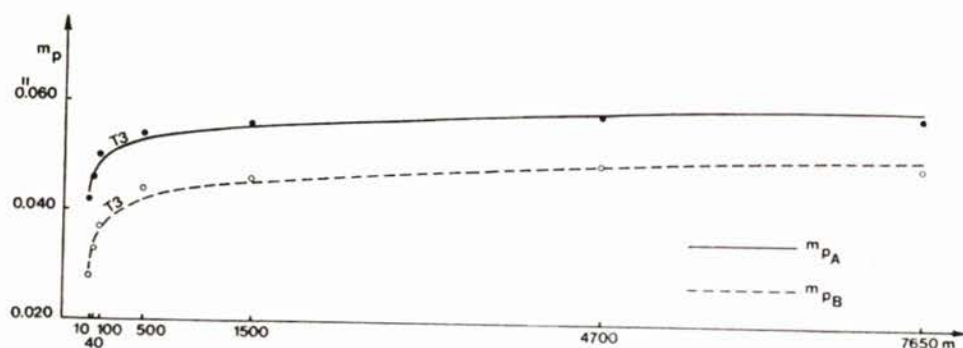
Sl. 7. Aproximacijske krivulje za točnost izoštravanja preko mora, za udaljenost 10 m



Sl. 8. Aproximacijske krivulje za srednju pogrešku vizurnog pravca uslijed paralakse nitnog križa durbina preko mora, za udaljenost 10 m



Sl. 9. Aproximacijske krivulje za točnost izoštravanja preko mora, u 6 sati



Sl. 10. Aproximacijske krivulje za srednju pogrešku vizurnog pravca uslijed paralakse nitnog križa dubina preko mora, u 6 sati

SAŽETAK

U ovom radu je prikazno ispitivanje ukupnih atmosferskih utjecaja na točnost izoštravanja, odnosno na srednju pogrešku vizurnog pravca uslijed paralakse nitnog križa dubina na različitim terenima, na različitim udaljenostima, u različitoj dobi dana ljeti.

ZUSAMMENFASSUNG

In dieser Arbeit ist die Untersuchungen der Atmosphärischen Gesamtwirkungen auf die Fokussierungsgenauigkeit, bzw. auf mittlere Richtungsfehler wegen Strichkreuzparallaxe des Fernrohrs, auf verschiedenen Geländen, auf verschiedenen Entfernungen, in verschiedenen Tageszeit im Sommer dargestellt.

Primljeno: 1988-07-20