

AUTOMATSKO MJERENJE DULJINA U BACAČKIM DISCIPLINAMA NA UNIVERZIJADI ZAGREB 1987.

Nikola SOLARIĆ, Dubravko HLAD — Zagreb*

1. UVOD

Prema podacima koje imamo, u lakoatletskim bacačkim disciplinama prvi put su duljine dometa hitaca koplja, diska, kladiva mjerene automatski na Olimpijadi 1972. godine u Münchenu elektroničkim automatskim registrirajućim tahimetrom Opton (Zeiss-Oberkochen) Reg Elta 12 (Čolić 1972). Zatim je tvornica optičkih geodetskih instrumenata Zeiss (Jena) razvila elektronički tahimetar Retu-sport sa specijalnim ugrađenim hardverom koji omogućava automatsko mjerenje duljina. Na većini internacionalnih natjecanja u lakoj atletici koristi se danas gotovo isključivo Reta-sport, naročito zato što su se udružili sa švicarskom tvornicom Omega, koja daje sistem za automatsko mjerenje vremena, a Zeiss (Jena) automatsko mjerenje duljina.

Na Univerzijadi 1985. u Kobeu mjerene su duljine automatski elektroničkim tahimetrom Helios 3 (prospekt Helios 3). Poslije hitaca čekalo se i 35 sekundi da se pojavi rezultat. Prema usmenim izjavama nekih lakoatletskih radnika-sudaca ovom brzinom nisu bili zadovoljni i upozorili su nas da ubrzamo rad koliko više možemo.

2. IZBOR INSTRUMENTARIJA

Za automatsko mjerenje duljina u bacačkim disciplinama koplja, diska i kladiva na Univerzijadi u Zagrebu 1987. godine bili su zaduženi Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu i Zavod za katastar i geodetske poslove grada Zagreba. Zaključeno je da je bolje da se kupi elektronički teodolit s daljinomjerom i da sami izvršimo mjerenja, a ne da se po visokoj cijeni iznajmi inozemna ekipa koja bi ta mjerenja za nas obavila.

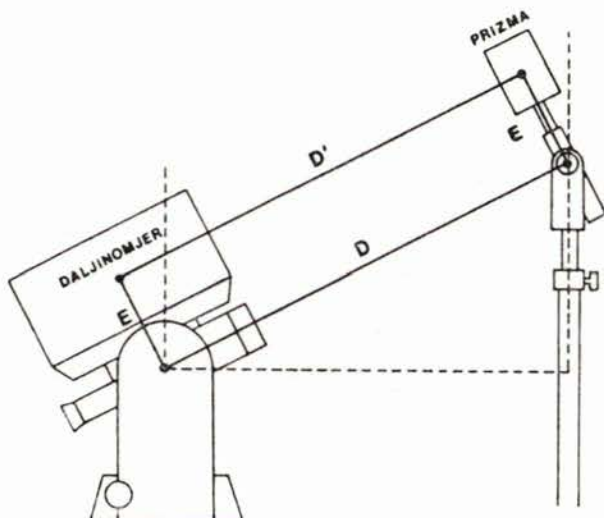
Budući da Zavod za katastar i geodetske poslove grada Zagreba ima gotovo isključivo Wildov instrumentarij, dogovoreno je da se za ovu svrhu na Univerzijadi primjeni taj instrumentarij. U razvojnom odjelu tvrtke Wild za ovu svrhu preporučili su da se primijeni elektronički tahimetar TC 2000. Mi smo bili skloniji izboru elektroničkog teodolita Wild T2000 i elektrooptičkog daljino-

* Prof. dr Nikola Solarić, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 41000 Zagreb, Kačićeva 26, Dubravko Hlad, Centar grada Zagreba za automatsku obradu podataka (CAOP), 41000 Zagreb, Paljetkova 18.

mjera Di 3000, koji omogućava veću brzinu mjerenja duljina (u normalnom načinu rada izmjeri duljinu za 3,5 s i u brzom načinu rada za 0,8 s).

Prije donošenja definitivne odluke morali smo riješiti problem do kojeg dolazi zbog ekscentrično postavljenog daljinomjera Di 3000 iznad vizurne osi durbina teodolita T2000. Kao što se vidi iz sl. 1, zbog ekscentričnosti daljinomjera prema vizurnoj osi durbina teodolita, da bi duljine D i D' bile jednake kod ovog instrumentarija treba prizmu, po visini vrlo precizno usmjeriti prema daljinomjeru. U horizontalnom smjeru prizmu je dovoljno približno usmjeriti, unutar $\pm 20^\circ$, samo zato da se natrag dobije dovoljno jaki signal za mjerenje duljine.

Da bi se dobio ispravan rezultat, originalna prizma za daljinomjer Di 3000 trebala bi biti na štapu (približno visine 1,60 m), a prizmu bi trebalo točno usmjeravati (naročito po visini prema daljinomjeru i u isto vrijeme treba i dozna libela vrhunuti). To se ne može lagano i brzo postići na sportskim natjecanjima kad postoji i nervoza pri radu.



Sl. 1. Utjecaj ekscentričnog postava daljinomjera iznad vizurne osi durbina, pri mjerenju duljina

Prizma Wilda TC 2000 ne mora biti precizno usmjerena prema daljinomjeru u vertikalnom i horizontalnom smjeru ($\pm 20^\circ$). Kod nje je nezgodno što računski treba uzeti u obzir da je daljinomjer ekscentrično postavljen u odnosu na vizurnu os durbina teodolita, ali s obzirom da iz teodolita u elektroničko računalo GRE 3 automatski ulazi očitavanje i vertikalnog kruga tu korekturu se lagano može prema programu u GRE 3 obračunati. Zato smo izveli formule za obračun tog ekscentriciteta i odlučili da primjenimo prizmu za TC 2000, jer omogućava lakši i precizniji rad onom koji drži prizmu, nego originalne prizme za Di 3000.

Izvedbu štapa, okvira i montažu prizme (sl. 2) izveo je laborant Geodetskog fakulteta Damir Višić.

3000 i T 2000). Na duljinu D_{k0} doda se Kor, tj. korekcija koju treba dodati na očitanoj duljini daljinomjerom da bismo dobili stvarnu (»treba«) duljinu. Ova korekcija prethodno je određena svakih 10 m do udaljenosti 100 m, na kalibracijskoj bazi Geodetskog fakulteta u Zagrebu.

$$D_k = D_{k0} + \text{Kor.}$$

Zatim je prema sl. 3 računata duljina D_{kk} (kosa korigirana duljina) po formuli:

$$D_{kk} = D_k - P,$$

gdje prema sl. 3 vrijedi

$$P = \frac{E}{\text{tg}(v + \Delta v)} \doteq \frac{E}{\text{tg } v}$$

Iz sl. 3 također se može izvesti da je

$$\Delta h = E \left(\frac{1}{\sin(v + \Delta v)} - 1 \right) \doteq E \left(\frac{1}{\sin v} - 1 \right),$$

$$\Delta v = \frac{\Delta h \cdot \sin v}{D_{kk}} \cdot \rho'' \doteq \frac{E(1 - \sin v)}{D_{kk}} \cdot \rho'',$$

te je tražena horizontalna duljina određena izrazom

$$D_h = D_{kk} \cdot \sin(v + \Delta v).$$

4. ALGORITAM ZA RAČUNANJE DULJINA U LAKOATLETSKIM BACAČKIM DISCIPLINAMA

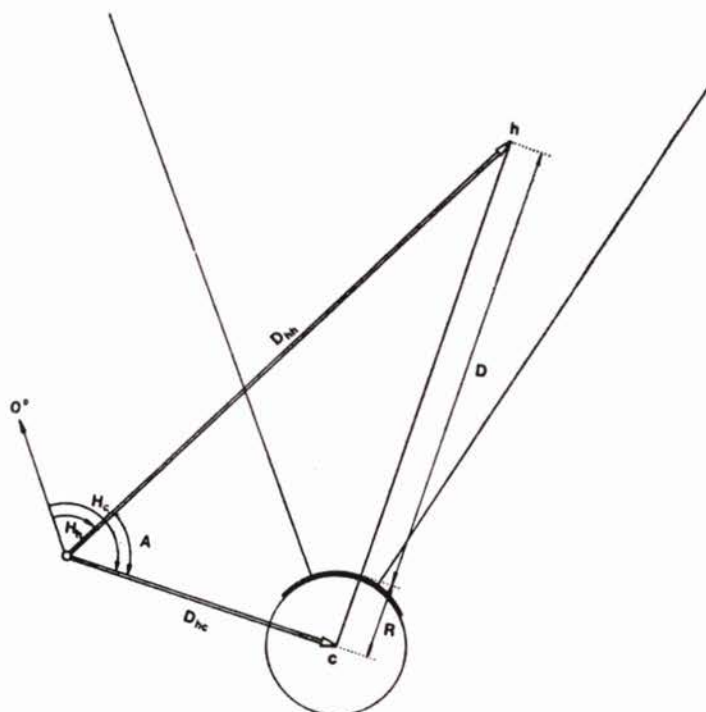
Kut A računat je po formuli:

$$A = H_c - H_h,$$

gdje su H_c i H_h očitavanja horizontalnog kruga na teodolitu u smjeru na centar kruga bacališta i na mjesto dometa hica. Program je tako napravljen da se za A veće od 200 gona odbije 200 gona, a ukoliko je A negativno da se doda 400 gona.

Iz sl. 4 lagano se može izvesti formula za duljinu hica, a izvedena je i u (Čolić 1972):

$$D = \sqrt{D_{hh}^2 + D_{hc}^2 - 2D_{hh} D_{hc} \cdot \cos A} - R.$$



Sl. 4. Princip mjerenja duljine hica u bacačkim disciplinama

5. POSTUPAK PRI RADU

Na ova mjerenja osim geodetskih, postavlja se i niz drugih zahtjeva, kao što je unášanje broja pojedinog natjecatelja, broja pokušaja (serije) i spola natjecatelja. Osim toga za vrijeme mjerenja može se dogoditi niz gotovo nepredvidivih situacija, te je napravljen dijagram toka, a zatim i program za CPE 3 takav da opažaci uvijek mogu »izaći« iz automatskih petlji pri radu. Poslije prvih probnih mjerenja napisana je kratka uputa za rad opažaćima, da bi mogli što pravilnije, točnije i brže izvoditi mjerenje.

Iz kratke upute za rad opažaćima djelomično se vidi, da je vođena briga o svim mogućim izvorima pogrešaka (osim neokomitosti horizontalne i vertikalne osi što je predhodno na instrumentu ispitano) i da su opažaci dobili upute kako kontrolirati da se stativ slučajno nije pomakao i kako to onda najlakše ispraviti. Osim toga dobili su niz uputa kako postupati ako se prizma pomakne prije završetka mjerenja, ako je bio neuspjeh pokušaj natjecatelja, ako je prizma stavljena na krivo mjesto i započeto mjerenje, ako je unešen krivi broj natjecatelja itd.

6. ANALIZA TOČNOSTI

Da bi se dobila približna ocjena točnosti ove metode, na kalibracijskoj bazi Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu određeno je 10 različitih duljina. Na temelju razlika između »treba« i »ima« izračunato je, da je srednja po-

greška mjerenja jedne duljine hica s Wildom T2000 + Di 3000 približno ± 2 do 3 mm, a s TC 2000 ± 4 do 5 mm. Iz ove približne ocjene točnosti vidi se da je napravljen pravilan izbor instrumentarija i da točnost u cijelosti zadovoljava, pogotovo što se u bacačkim disciplinama koplja, kladiva i diska rezultat zao-kružuje na manji parni centimetar.

Poslije pritiskanja tipke za start mjerenja na displayu elektroničkog računala — terminala GRE 3 rezultat se pojavljivao nakon nekoliko sekundi (vidi tablicu 1). Iz tablice 1 vidi se da se s Wildom T2000 + Di 3000 + GRE troši približno 2,5 do 3 s manje nego s TC 2000 + GRE 3, tj. da je izbor instrumentarija pravilno izvršen i što se tiče brzine rada. Može se ovdje napomenuti da bi ovo vrijeme bilo još znatno kraće da smo imali GRE 4 koji se pojavio na tržištu neposredno prije Univerzijade.

Tablica 1: Vrijeme potrebno poslije pritiskanja tipke za start mjerenja do pojave rezultata na displayu terminala GRE 3.

Instrument	Vrijeme
Wild T2000 + Di3000 (u brzom načinu rada) + GRE 3	5,5 s
Wild T2000 + Di3000 (u normalnom načinu rada) + GRE 3	6,0 s
Wild TC 2000 + GRE 3	8,5 s

Na viziranje trošeno je u prosjeku 5 s, tako da je na displayu GRE 3 do-bivan rezultat u prosjeku 11 s poslije pada koplja, kladiva ili diska.

Rezultati s GRE 3 automatski odlaze u elektroničko računalo (PC) koje je trebalo upravljati semaforima. Na žalost, semafori na stadion nisu stigli na vrijeme po planu, te oni koji su bili zaduženi da osiguraju dalji automatski prijenos podataka od GRE 3 do semafora nisu to stigli napraviti. Zato su se rezultati morali ručno prenositi od GRE 3 do sudačkog stola i dalje na semafor.

Cijela operacija od pada hica do rezultata na semaforu iznosila je približno 20 s. Internacionalni suci lake atletike kazali su, da su zadovoljni brzinom mjerenja duljina i da je to bilo na internacionalnom nivou, iako bi vrijeme bilo gotovo dvostruko kraće da su se rezultati automatski prenosili do semafora a pogotovo da smo imali GRE 4 umjesto GRE 3.

8. EKIPA ZA MJERENJE

Ekipa koja je izvodila mjerenje na Univerzijadi Zagreb 1987. sastojala se od članova Zavoda za katastar i geodetske poslove grada Zagreba u sastavu: Ivan Batovanja, dipl. in, Ivan Maurer, dipl. inž. i Danijel Rukavina, dipl. inž. Oni su se za mjerenja mijenjali, a uvijek je jedan od njih bio za instrumentom i drugi za terminalom GRE 3. Prije početka Univerzijade članovi ekipe vrlo su se savjesno pripremali, napravili veliki broj probnih mjerenja tako da su stekli veliko iskustvo, sigurnost i brzinu rada. Zahvaljujući tome svoj dio zadatka obavili su odlično i dostojno predstavljali geodeziju na Univerzijadi Zagreb 1987.

9. ZAKLJUČAK

Budući da Zavod za katastar i geodetske poslove grada Zagreba ima gotovo isključivo Wildove instrumente, dogovoreno je da se za ovu svrhu na Univerzitetu primijeni Wildov instrumentarij. U razvojnom odjelu tvrtke Wild za ovu svrhu preporučili su da se primjeni elektronički tahimetar TC 2000. Mi smo bili skloniji izboru elektroničkog teodolita Wild T 2000 i elektrooptičkog daljinomjera Di 3000 koji ima veću brzinu mjerenja duljina. Prije donošenja definitivne odluke morali smo riješiti problem do kojeg dolazi zbog ekscentrično postavljenog daljinomjera Di 3000 iznad vizurne osi durbina teodolita T 2000. Osim toga za vrijeme sportskih natjecanja teško je originalnu prizmu (za Di 3000) točno po visini usmjeriti prema daljinomjeru. Ovaj problem riješen je tako, da je konstruiran štاپ s okvirom za prizmu TC 2000, kod koje usmjerenost prizme prema daljinomjeru po horizontu i vertikali može biti vrlo gruba, unutar $\pm 20^\circ$. Ispod prizme TC 2000 (na udaljenosti ekscentriciteta daljinomjera iznad vizurne osi durbina teodolita, tj. 11,8 cm) na šiljku nacrtana je oznaka na koju je vizirano durbinom i izvedene su formule za obračun tih ekscentriciteta.

Napravljen je dijagram toka i program za GRE 3 koji je omogućavao obračun ekscentriciteta daljinomjera i fleksibilnost u radu tako da su opažači mogli uvijek »izaći« iz automatskih petlji rada. Opažači su dobili kratke upute za rad i upozoreni su na sve značajnije moguće izvore pogrešaka, a i upozoreni su kako se mogu najlakše snaći, ukoliko se slučajno pomakne stativ ili prizma ili dogodi neka druga pogreška u normalnom redoslijedu operacija prema automatskoj petlji po programu.

Ispitivanje točnosti pokazalo je da se duljina dometa hica određuje teodolitom T 2000 + Di 3000 približno s točnošću ± 2 do 3 mm, a s TC 2000 4 do 5 mm. Iz tog se vidi, što se točnosti tiče, da je izbor pravilno izvršen.

Ispitivanje brzine rada također je izvršeno, te je utvrđeno da se s Wildom T 2000 + Di 3000 + GRE 3 poslije pritiskivanja tipke za start dobiva rezultat na display GRE 3 za 5,5 do 6 s, a s TC 2000 + GRE 3 za 8,5 s. Iz tog se vidi, da je i što se brzine rada tiče pravilno izvršen izbor. Ovo vrijeme bilo bi znatno skraćeno da smo imali GRE 4, koji se neposredno prije Univerzitetu objavio na tržištu.

Internacionalni suci lake atletike kazali su, da su zadovoljni brzinom mjerenja duljina i da je to bilo na internacionalnom nivou, iako bi sve to bilo još puno bolje da smo imali GRE 4 i da su rezultati išli automatski do semafora.

Dubravko Hlad napravio je program za GRE 3 i unio ga u GRE 3, prof. dr Nikola Solarić izveo je algoritam za uzimanje u obzir ekscentričnosti postava daljinomjera i upozorio izvođače mjerenja na moguće izvore pogrešaka, a ekipa Zavoda za katastar i geodetske poslove grada Zagreba u sastavu Ivan Batovanja, dipl. inž., Ivan Mauerer, dipl. inž. i Daniel Rukavina, dipl. inž. izvršili su mjerenje.

Općenito se može kazati da je ovaj zadatak primjerno izvršen i da je geodetska struka bila dostojno reprezentirana na Univerzitetu zahvaljujući odličnoj suradnji Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu i Zavoda za katastar i geodetske poslove grada Zagreba.

LITERATURA:

- Čolić, K.: Uz novi postupak mjerenja duljina u bakačkim disciplinama na 20. Olimpijadi, Geodetski list, 1972, 7—9, 136—141.
- Helios 3: Prospekt o mjerenjima duljina u Kobeu.
- Wild-Heerbrugg: Gebrauchsanweisung Theodolit Wild T 2000, Herrbrugg AG G2, 236.1d — X 84.
- Wild-Heerbrugg: Gebrauchsanweisung Distomat Wild Di 3000, Heerbrugg AG G2, 336d — XII 85.

SAŽETAK

Zavod za katastar i geodetske poslove grada Zagreba ima gotovo isključivo Wildove instrumente, zato je dogovoreno da se mjerenje duljina hitaca u lakoj atletici na Univerzijadi Zagreb primjeni Wildov instrumentarij. U razvojnom odjelu tvrtke Wild za ovu svrhu preporučili su da se primjeni TC 2000. Mi smo bili skloniji izboru T 2000 + Di 3000 koji ima veću brzinu mjerenja duljina. Prije definitivnog izbora riješen je problem uzimanja u obzir ekscentričnog postava daljinomjera i konstruiran posebni štap sa značkom i reflektorom TC 2000, koji ne mora biti točno usmjeren prema daljinomjeru ($\pm 20^\circ$). Na taj način postignuta je velika brzina i točnost tako da se poslije pritiskanja tipke za strat dobivao rezultat na displayu GRE 3 za 5,5, do 6 s, a da smo tada imali GRE 4 na raspolaganju to bi vrijeme bilo i znatno kraće.

ABSTRACT

The Cadastral Survey Service of Zagreb has been authorized to carry out all geodetic measurements at the Zagreb Universiade '87. Since this service uses exclusively geodetic instruments manufactured by Wild (Heerbrugg, Switzerland) it was agreed to acquire Wild's instruments for measuring distances in track and field athletics. Wild's development department recommended the application of an electronic theodolite T 2000 for this purpose. However, we were inclined to choose an electronic theodolite TC 2000 and a distomat DI 3000 which enables faster measuring of distances. Before making this decision final we solved the problem of the distomat's eccentric position and we also constructed a special carrier for the signal and the Wild TC 2000 reflector that doesn't need to be precisely pointed at the distomat (the angle of tolerance being 20 degrees). All calculations were carried out using an electronic data terminal GRE3. Applying the mentioned instruments prompt and accurate measurements have been achieved. The time necessary for the results to appear on the GRE3 display was 5.5 to 6 seconds, however it could have been even shorter if we had a GRE4 terminal at our disposal.