

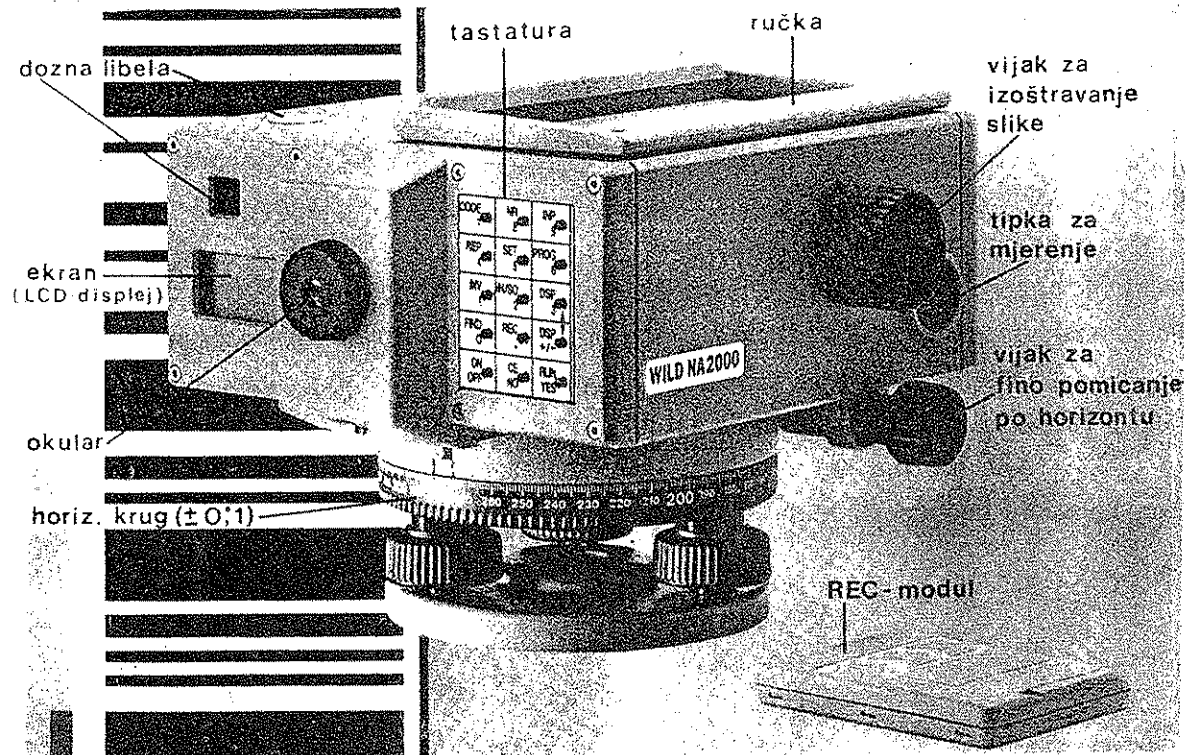
Eldin Donlagić *

ISPITIVANJE DIGITALNOG NIVELIRA NA 2000 NA NIVELMANSKOJ TEST MREŽI GRAĐEVINSKOG FAKULTETA U SARAJEVU

0. UVOD

Zahvaljujući susretljivosti firme Leica Heerbrugg (bivša firma Wild), koja je Geodetskom odsjeku Građevinskog fakulteta u Sarajevu stavila na raspolaganje digitalni nivelir NA 2000, izvršena su odgovarajuća mjerenja i obrada podataka na nivelmanskoj test mreži Geodetskog odsjeka.

U radu će biti kratko opisan instrument, princip rada kao i mogućnosti primjene.



Sl. 1 Digitalni nivelir NA 2000

* Spec. Eldin Donlagić, Građevinski fakultet Sarajevo

1. GRADA NIVELIRA

Digitalni nivelir NA 2000 (slika 1) konceptijski se ne razlikuje od optičkog rješenja nivelira sa kompenzatorom, što omogućava niveliranje i na klasičan način.

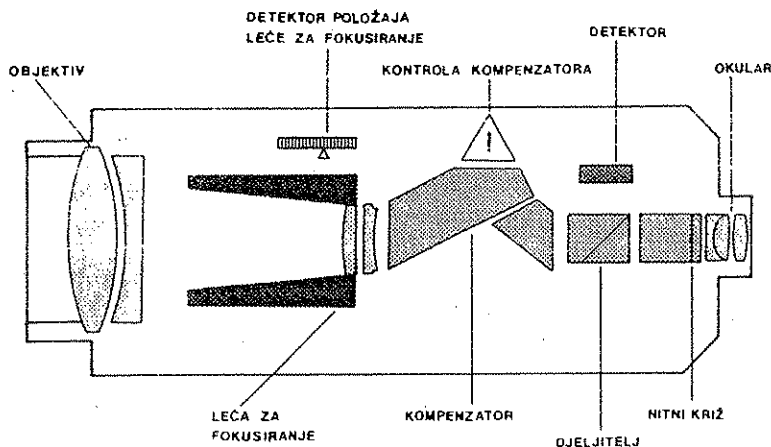
Nivelmanska letva izrađena je od vještačkih staklenih vlakana (Glass Fiber Kunst), koje karakteriše temperaturni koeficijent rastezanja manji od 10 ppm, a sastoji se iz tri dijela duga po 1.35 m, što po potrebi omogućava različite dužine letve (1.35m, 2.70 m i 4.05m). S jedne strane letva ima klasičnu centimetarsku podjelu, namijenjenu za optičko opažanje, dok s druge strane ima kodiranu podjelu za automatsko očitavanje.

Registrowanje podataka niveliranja vrši se u REC-modulu GRM 10, uloženom u instrument, a njihovo čitanje, kao i prijenos u PC računar obavlja se pomoću čitača GIF 10, odnosno GIF 12, te odgovarajućeg softvera.

Instrument se napaja preko vlastite NiCd baterije GEB 79, a može se preko kabla priključiti i na eksternu bateriju.

2. PRINCIP RADA INSTRUMENTA

Slika odsječka letve preko objektiv dolazi na tzv. djelitelj zračenja (slika 2) koji, bez značajnog oslabljavanja signala, razdvaja infracrvenu od vidljive svjetlosti. Ovo razdvajanje je potrebno zato što se za detekciju kodirane slike letve koriste fotodiode koje su najosjetljivije u infracrvenom području.



Sl. 2. Shematski prikaz presjeka digitalnog nivelira NA 2000

Fotodiode (256 fotodioda poredane su u niz približno dug 6.5 mm) prevode sliku kodirane podjele u analogni video signal. Analogno-digitalni pretvarač primljeni signal prevodi u digitalni oblik, te šalje u procesor, na dalju obradu baziranu na principu kroskorelacije, odnosno na uzajamnoj povezanosti "mjernog" signala (dobijenog na bazi mjerenja) i "teoretskog" signala (onaj koji bi se trebao dobiti u procesu mjerenja). Navedeni signali najbolje će se podudarati kada je kroskorelaciona funkcija maksimalna. Na osnovu "mjernog" signala dobijenog sa fotodioda i "teorijskog signala" dobijenog na osnovu pohranjenog koda letve u instrumentu, procesom kroskorelacije, optimiraju se dva parametra: visinska razlika "h" i dužina "d".

Dvodimenzionalna kroskorelaciona funkcija u niveliru NA 2000 pomoću koje se optimizira "mjerni" signal s fotodiode za dobijanja čitanja letve h i dužine d glasi:

$$g(d,h) = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} Q_i(y) P_i(d,y-h), \quad (1)$$

gdje su :

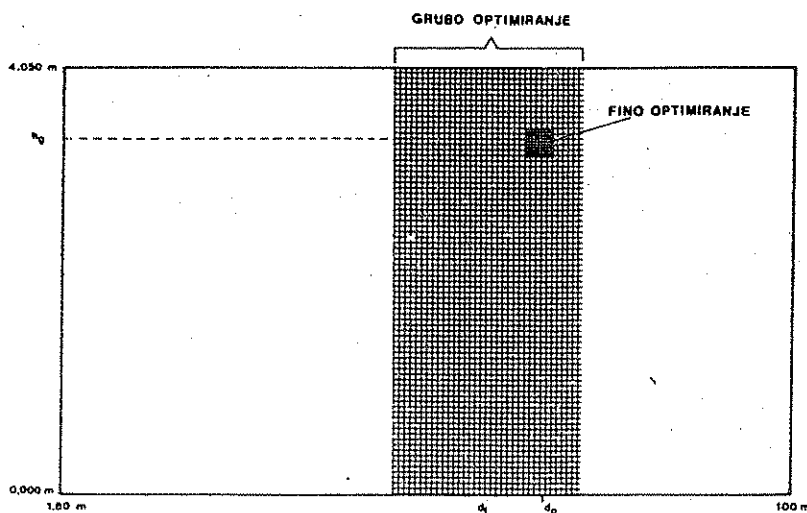
- g(d, h) - kroskorelaciona funkcija između mjernog i "teorijskog" signala,
 $Q_i(y)$ - "mjerni" signal,
 $P_i(d, y-h)$ - "teorijski" signal izračunat za odgovarajuću dužinu do letve d i pomjeren za razliku visina (čitanje letve) h.

Čitanje letve h i udaljenost d dobijaju se iz koordinata maksimuma g(d, h), za čije određivanje treba naći sve vrijednosti kroskorelacione funkcije u mjernom području instrumenta, dakle za d=1.8 m do 100 m i za h=0.000m do 4.050 m. Uzimanje u obzir cijelog mjernog područja rezultiralo bi velikim brojem računanja (50 000 puta rješavanje jednačine (1)), što je izbjegnuto primjenom metoda grubog i finog optimiranja. Suština je u tome da se najprije, na osnovu položaja sočiva za fokusiranje izračuna približna dužina d_f , čime se za oko 80% smanji područje računanja kroskorelacione funkcije (Slika 3). Kako se pri promjeni udaljenosti instrument - letva od 1.8 m do 100 m sočivo za fokusiranje pomjeri 14 mm, to se približna dužina dobije na osnovu izraza:

$$d_f = \frac{k}{s} \quad (2),$$

gdje su:

- d_f - približna dužina do letve,
 k - optička konstanta durbina,
 s - razlika pozicije sočiva za fokusiranje u momentu opažanja od pozicije sočiva pri fokusiranju na beskonačno.



Sl. 3. Područja grubog i finog optimiranja

Procesom grubog optimiranja računa se vrijednost kroskorelacione funkcije u svakom presjeku rastera (d , h), tako da se na mjestu gdje se mjerni i teorijski signal najbolje podudaraju dobija maksimalna vrijednost funkcije, na osnovu koje se određuju h_g i d_g . Kako se radi uštede vremena ovo računanje vrši korištenjem samo jednog bita, to se tokom finog optimiranja ponovno računa vrijednost kroskorelacione funkcije, ali sada sa 8 bita i na užem području.

Kroskorelaciona funkcija se tokom obrade normira, što omogućava ocjenu preciznosti mjernog signala na kraju opažanja.

3. POSTUPAK MJERENJA

Nakon postavljanja instrumenta te vrhunjenja kružne libele, izvrši se viziranje i fokusiranje, te aktivira tipka za početak mjerenja. Dalji tok mjerenja odvija se automatski. Prvo se na osnovu položaja sočiva za fokusiranje izvrši grubo određivanje dužine do letve, te kontroliše rad kompenzatora. Postupkom grubog optimiranja određuju se približna dužina do letve, kao i približno čitanje letve. Dalje slijedi postupak finog optimiranja kojim se vrši tačnije računanje dužine i čitanja letve, a nakon toga analizira se intenzitet svjetlosti slike letve da bi se iz procesiranja eliminisali dijelovi letve koji su zaklonjeni (lišće, sjene i sl.). Nakon obrade metodom kroskorelacije, te uzimanja u obzir konstanti instrumenta (neparalelnost vizure i horizonta instrumenta), mjereni podaci se dalje obrađuju u zavisnosti od izabranog programa, te prikazuju na displeju, odnosno registruju u REC-modulu.

Tok digitalnog mjerenja prikazan je u TABELI.

OPERACIJA	TIP MJERENJA	TRAJANJE OPERACIJE
VIZIRANJE SA FOKUSIRANJEM	MANUELNO	
POČETAK MJERENJA	MANUELNO	
OČITAVANJE FOTODIODA	AUTOMATSKI	0.004 - 1.0 s
GRUBO OPTIMIRANJE	AUTOMATSKI	0.3 - 1.0 s
FINO OPTIMIRANJE	AUTOMATSKI	0.5 - 1.0 s
PRIKAZIVANJE REZULTATA	AUTOMATSKI	

4. TASTATURA INSTRUMENTA

Tastaturu čini 15 funkcionalnih tipki sa slijedećim značenjem:

CODE	registracija maksimalno četiri dodatne informacije u kodiranom obliku, prilikom procesa mjerenja,
INP	input mjerenih vrijednosti ukoliko automatsko mjerenje nije bilo moguće,
SET	setovanje instrumenta (odabir i postavljanje parametara koji se koriste tokom mjerenja),
PROG	meni za izbor jednog od raspoloživih programa pohranjenih u memoriju instrumenta,
REP	aktiviranje ponovnog mjerenja,
NR	unošenje broja tačke (tekućeg ili individualnog)
INV	nivelanje sa obrnutim postavom letve (nivelanje stropova)
IN/SO	nivelane, odnosno iskolčavanje međutačaka,
REC	pohranjivanje kodiranog bloka informacija na REC - modul,
FIND	pronalaženje pohranjenih podataka sa REC modula i prikazivanje na displeju instrumenta,
DSP↑	mogućnost izbora npr. programa ili neke druge mogućnosti pomjeranjem gore,
DSP↓	mogućnost izbora npr. programa ili neke druge mogućnosti pomjeranjem dole,
NO	neprihvatanje ponudene opcije na displeju,
RUN	prihvatanje ponudene opcije na displeju,
YES	prihvatanje ponudene opcije na displeju.

5. RASPOLOŽIVI PROGRAMI:

Aktiviranjem tipke **PROG** na displeju se pojavljuje moguća ponuda

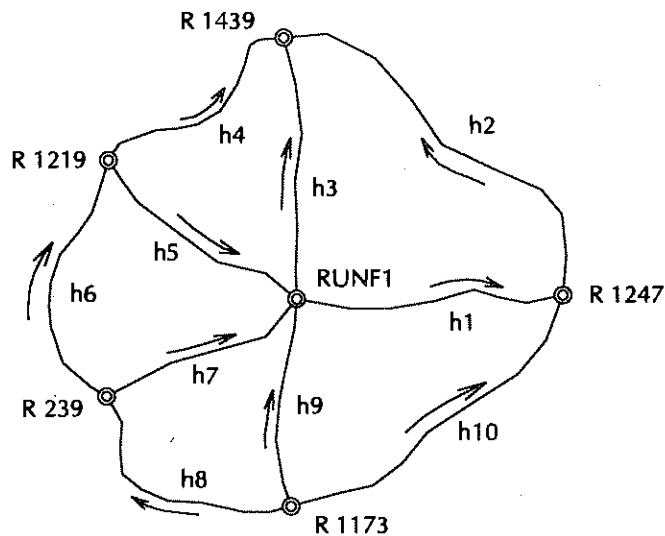
programa koji se biraju i aktiviraju tipkama **DSP** i **RUN** :

P MEAS Δ ONLY ∇	mjerenje visinskih razlika i dužina bez registracije podataka,
P START Δ LEVELING ∇	početak mjerenja u nivelmanskom vlaku,
P CONT Δ LEVELING ∇	nivelanje vlaka (iz prethodnog programa u ovaj ide se automatski),
P CHECK Δ & ADJUST ∇	provjera i ispitivanje instrumenta,
P ERASE Δ DATA ∇	brisanje podataka sa REC modula.

6. REZULTATI ISPITIVANJA NA NIVELMANSKOJ - TEST MREŽI

Na nivelmanskoj test mreži (Slika 4.), u sklopu diplomskog rada, paralelno su izvršena mjerenja sa optičkim preciznim nivelirom NI 3 Wild i digitalnim nivelirom NA 2000 Leica. Nakon obrade, podataka mjerenja dobijene su slijedeće vrijednosti u okviru ocjene tačnosti:

- Nivelir NI 3 Wild
 - srednja greška jedinice težine procijenjena na osnovu zatvaranja poligona:
 $m_0=0,13$ mm/stanica,
 - srednja greška jedinice težine dobijena iz izravnjanja slobodne mreže:
 $m_0=0,13$ mm/stanica,
 - srednje greške visina pojedinih repera: $m_{1247}=0,29$ mm, $m_{1439}=0,36$ mm,
 $m_{UNF1}=0,24$ mm, $m_{1219}=0,30$ mm i $m_{239}=0,25$ mm.



Sl.4. Nivelmanska test mreža Geodetskog odsjeka Građevinskog fakulteta u Sarajevu

- Nivelir NA 2000Leica

- srednja greška jedinice težine procijenjena na osnovu zatvaranja poligona:
 $m_0=0,12$ mm/stanica,

- srednja greška jedinice težine dobijena iz izravnjanja slobodne mreže:
 $m_0=0,14$ mm/stanica,

- srednje greške visina pojedinih repera: $m_{1247}=0,33$ mm, $m_{1439}=0,37$ mm,
 $m_{UNF1}=0,18$ mm, $m_{1219}=0,24$ mm i $m_{239}=0,26$ mm.

7. ZAKLJUČAK

Korišteni digitalni nivelir, pruža niz prednosti nad optičkim nivelirima, posebno sa aspekta udobnosti rada. Geodetski stručnjak biva rasterećen od niza rutinskih operacija kao što su provjeravanje vrhunjenja libela, vođenje zapisnika, računanja staničnih visinskih razlika, kontrolna računanja i sl., dok s druge strane ima daleko veći izbor mogućnosti koje naročito dolaze do izražaja kod iskolčavanja projektovanih visina (koje se obavlja automatski po programu za iskolčenje uz prethodno, na REC modul pohranjene podatke), kontinuiranih mjerenja visinskih

razlika sa ocjenom tačnosti npr. kod nivelanja preko vodenih prepreka i sl. Mjereni podaci sa REC modula posredstvom GIF 10 ili GIF 12, prenose se na PC računar, što omogućava dalju automatsku obradu podataka. Međutim, geodetski stručnjaci i dalje moraju voditi računa o poznatim izvorima grešaka karakterističnih za geometrijski nivelman.

Nivelir NA 2000 Leica, iako prevashodno nije namijenjen za precizni nivelman, na osnovu ispitivanja na test mreži, po tačnosti, ne zaostaje za nivelrom NI 3 Wild. Istina, ostvarena tačnost kod navedenog instrumenta je nešto veća od očekivane koja izražena standardnom devijacijom mjerenja, uključujući i grešku podjele i razmjere letve za jedan kilometar dvostranog nivelanja $\sigma = 1.5$ mm. Objašnjenje navedene činjenice moglo bi biti to što kod korištenja optičkih instrumenata na mjerene podatke značajan uticaj ima i iskustvo operatora (kada su u pitanju greške viziranja i čitanja), dok je kod korištenja digitalnih instrumenata ovaj uticaj beznačajan.

Firma Leica, pored nivelira NA 2000 proizvela je i nivelir NA 3000, zasnovan na istim principima, kao i NA 2000, namijenjen za precizni nivelman. Ovaj instrument koristi kodiranu invarsku letvu, čijom se primjenom postiže tačnost od 0.4 mm po kilometru obostranog nivelanja.

Ista firma proizvela je nove verzije digitalnih nivelira NA 2002 i NA 3003, povećane tačnosti mjerenja, sa mogućnošću većeg izbora funkcija i programa.

Literatura:

- Solarić, N. (1994): DIGITALNI NIVELIRI WILD (LEICA), Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 1994.
- Wild - Leitz (1990): NA 2000 Digitalnivellier Gebrauchsanweisung, Wild Heerbrugg 1990, 1-43
- Wild - Leica (1991): User manuel NA 2000, NA 3000, GPCL3, Leica Heerbrugg AG G2 168 - XI 1991, 04.90 - 11.91.
- Taletović, J.(1998): Mjerenje date nivelmanske mreže optičkim i digitalnim nivelrom i izravnanje sa uporedbom, Diplomski rad, Sarajevo, 1988.