

AVTOMATSKO ZAJEMANJE PODATKOV PRI NIVELMANU

Mag. Božo Koler
dipl.inž.geod.

FAGG, Oddelek za geodezijo
61 000 Ljubljana, Jamova 2

IZVLEČEK

V referatu sta predstavljena dva sistema za avtomatiziranje geometričnega nivelmana in prvi serijski nivelir WILD NA 2000, ki to omogoča.

ZUSAMENFASSUNG

Es wird zwei Nivelliersysteme zur Automatisierung des geometrischen Nivellements vorgestellt und das erste digitale Nivellier WILD NA 2000. Mit dem WILD NA 2000 ist es erstmals gelungen, das Nivellierverfahren zu automatisieren.

1. UVOD

Razvoj moderne tehnologije in uporaba elektronike, kot sestavni del geodetskih instrumentov, je pripeljala do avtomatiziranja številnih merskih postopkov v geodeziji. Tako nam danes geodetski instrumenti nove generacije omogočajo bistven prihranek pri času, ki ga potrebujemo za izvedbo določenega merskega postopka. Zmanjšalo se je tudi število oseb, ki jih potrebujemo pri izvedbi določenih del in nenazadnje se je povečala natančnost same izmere. Prednosti avtomatiziranih merskih postopkov so očitne - od možnosti hitrejše obdelave izmerjenih količin do razbremenitve opazovalca.

Glede na to, da v bližnji prihodnosti ne moremo pričakovati, da bi drugi merski postopki (inercialni sistem, GPS) dosegli natančnost določitve višin točk, kot jo lahko dosežemo s preciznim nivelmanom, so pri razvoju avtomatskega sistema za zajemanje podatkov pri niveliranju, ohranili osnovni merski postopek, ki ga poznamo pri geometričnem nivelmanu.

Ravno ta merski postopek je vzrok temu, da je avtomatiziranje geometričnega nivelmana do nedavnega predstavljalo eno

najtežjih nalog, ki si jih je postavila znanost pri razvoju geodetskega instrumentarija. Danes ni več problem zajeti podatke, ki jih izmerimo na enem mestu (dolžino, vertikalni in horizontalni kot - elektronski tahimeter). Problem pa nastane, ko moramo z enim registratorjem zajeti podatke, ki se nahajajo na več mestih (odčitek na mikrometru nivelirja in odčitek na nivelmanskim lati). Vendar se je kljub temu v tem letu na tržišču pojavil prvi digitalni nivelir - Wild NA 2000, ki nam omogoča avtomatsko zajemanje podatkov pri geometričnem nivelmanu. Tako je tovarna Wild iz Heerbruga prehitela konkurenco in s tem osvojila trenutni primat na tržišču.

2. PLOSKOVNI NIVELIR THEIS TELAMAT

Problem avtomatskega zajemanja podatkov pri niveliranju je v veliki meri povezan s problemom materializacije vizurne osi. Problem materializacije vizurne osi so rešili z uporabo laserja, kot izvora svetlobe. Tako imamo danes na tržišču celo vrsto ploskovnih nivelirjev, ki so se uveljavili predvsem v gradbeništvu in pri krmiljenju gradbenih strojev.

Čeprav ploskovni nivelirji niso bili konstruirani za linijski nivelman, se je porodila ideja, da bi lahko te nivelirje uporabili za avtomatizacijo geometričnega nivelmana. V tem primeru nam odpade viziranje in odčitavanje na nivelmanski lati. Da bi lahko ploskovne nivelirje uporabljali za precizni nivelman, moramo doseči večjo natančnost merjenja. Na fakulteti v Aachnu so preizkusili ploskovni nivelir Theis Telamat in z laboratorijskimi raziskavami ugotovili, da ima na natančnost merjenja največji vpliv kompenzator. Z uporabo bolj občutljivega kompenzatorja se bo povečala tudi natančnost merjenja. Seveda predstavlja bistvo tega sistema za avtomatsko zajemanje podatkov niveliranja fotoelektrična nivelmanska lata.

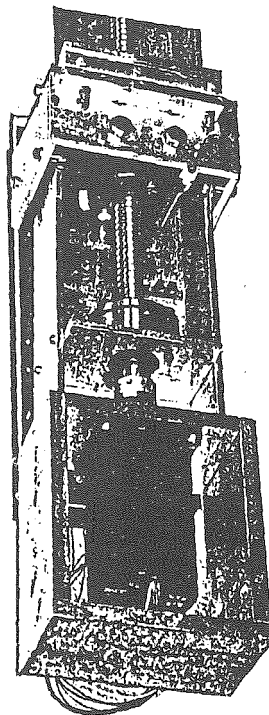
2.1 Fotoelektrična nivelmanska lata

Prvo fotoelektrično nivelmansko lato so razvili pred 20. leti na Inštitutu za geodezijo in Inštitutu za visoko frekvenčno tehniko, ki delujeta v sklopu RWTH Aachen.

Za določitev položaja vpadlega laserskega žarka so uporabili fotodiode. S sestavo in razporeditvijo fotodiod so dosegli milimetersko natančnost zajemanja vpadlega laserskega žarka. S kasnejšimi raziskavami so ugotovili, da je natančnost določitve položaja laserskega žarka odvisna od velikosti detektorja.

Uporabo manjših detektorjev omogoča konstrukcijska rešitev nivelmanske late. Za ogrodje nivelmanske late so uporabili U - profil iz lahke kovine. V ogrodje je nameščeno kroglično vreteno, katerega pogon poteka preko sklopke s pomočjo stopenjskega motorja (glej sliko 1). Vpliv temperature na dolžino nivelmanske late (vretena) upoštevajo tako, da merijo temperaturo v času niveliranja in upoštevajo razteznostni koeficient materiala, iz katerega je zgrajeno vreteno. Ker je en zasuk stopenjskega motorja sestavljen iz 500 posameznih stopenj, znaša minimalni premik detektorja 1/100 mm. Zaradi tega lahko s takšnim detektorjem določijo položaj vpadlega laserskega žarka z natančnostjo 1/100 mm. Ko detektor zazna

vpadli laserski žarek, dobimo informacijo o tem izpisano na ekranu.



Slika 1

2.2 Natančnost merskega sistema

Za preizkus natančnosti merskega sistema so si stabilizirali pet reperjev na dolžini 250 m. Višinsko razliko med reperji so določili s preciznim nivelirjem Wild N 3. Srednji pogrešek določitve višinskih razlik je znašal ± 0.07 mm. Glede na doseženo natančnost določitve višinskih razlik, so dobljene višinske razlike privzeli za prave vrednosti.

To testno traso so z nivelirjem Theis Telamat in fotoelektrično nivelmansko lato nivelirali sedemkrat. Merjenja so bila opravljena pri različnih vremenskih pogojih. Srednji pogrešek merjenja izračunan iz razlike med privzeto pravo vrednostjo in izmerjeno vrednostjo je znašal ± 0.52 mm. Takšno natančnost merjenja višinskih razlik so

dosegli na delu testne trase, katerega dolžina je znašala 62.5 m. Iz teh podatkov so izračunali srednji pogrešek 1 km dvojnega nivelmana (± 1.47 mm). Približno 1/3 merjenj odstopa od privzete prave vrednosti za več kot 0.5 mm. Glavni vzrok teh odstopanj je v konstrukciji kompenzatorja, kar so ugotovili že med laboratorijskimi preizkusi. Tako je nadaljnji razvoj tega sistema odvisen od možnosti konstrukcijske izboljšave kompenzatorja. Ta izboljšava bi omogočila praktično uporabo merskega sistema za precizni nivelman, ki bi bil še posebej učinkovit pri motoriziranem nivelmanu.

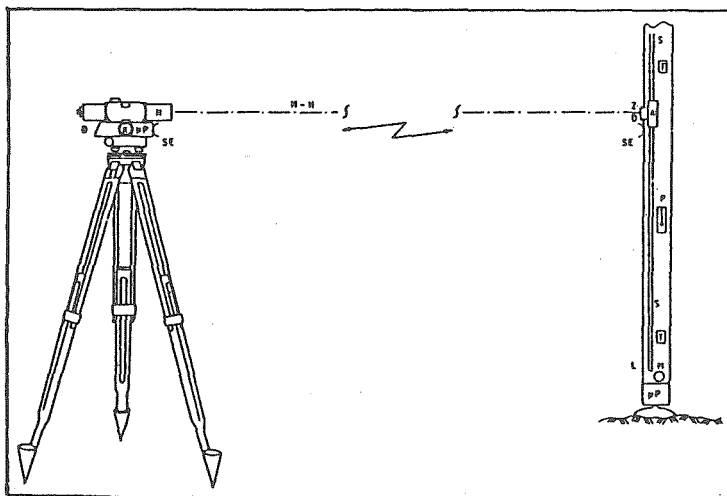
3. MERSKI SISTEM Z AKTIVNO NIVELMANSKO LATO

Ta merski sistem za avtomatsko zajemanje podatkov niveliranja so razvili na inštitutu za geodezijo - Zvezna vojaška akademija Muenchen. Na sliki 2 je prikazan princip in sestavni deli merskega sistema.

funkcijskimi gumbi, ki jih uporablja opazovalec.

Lata (L) je dopolnilni instrument, ki jo sestavlja analogno - digitalen merski sistem. Ta merski sistem je sestavljen iz okrogle merske palice (S) in merske glave (A), na katero je pritrjena vizirna tarča. Koincidenco vizirne tarče in nitnega križa nivelirja dosežemo z vrtenjem gumba (K). S pritiskom na gumb ukažemo odčitavanje izmerjene vrednosti na lati. Vrednost odčitka lahko odčitamo na zaslonu (D), ki je nameščen na instrumentu in lati.

Istočasno z registracijo položaja merske glave (A), se odčitajo vrednosti, ki jih kažejo naklonomer (P) in tri temperaturna tipala (T), ki so pritrjena na lati. S temi podatki program v mikroprocesorju izračuna popravke zaradi nevertikalno postavljene late in popravek zaradi spremembe dolžine late, vzrok katere je različna temperatura v času merjenja in kalibriranja late. Tako popravljena izmerjena vrednost se lahko



Slika 2

Glavni instrument predstavlja nivelir, ki ima vgrajen oddajnik in sprejemnik (SE). Z gumbom (K) upravljamo stopenjski motor (M) na lati. Nivelir je opremljen še s kontrolnimi in

zabeleži na poljuben medij (kasetni trak, diskete ali prenosni računalnik) direktno na dopolnilnem instrumentu (lati) ali se preko oddajnika in sprejemnika prenese do glavnega instrumenta (nivelirja). Celoten sistem zajemanja podatkov je zamišljen tako, da

lahko delamo z več latarni (največ 8).

3.1 Procesno krmiljenje in zajemanje podatkov

Nizka cena mikroprocesorjev je omogočila, da so procesorski sistem razdelili na dva samostojna dela - kontrolni in podatkovni sistem. Tako so dosegli optimalno izrabo posameznih delovnih korakov in poenostavili posamezne funkcije, ki bi bile v nasprotnem primeru preveč kompleksne. Pri tem je predvsem mišljen poenostavljen interaktivni dialog med opazovalcem in merskim sistemom, alfanumerični prikaz izmerjenih količin, podane kontrole in samonadzor instrumenta.

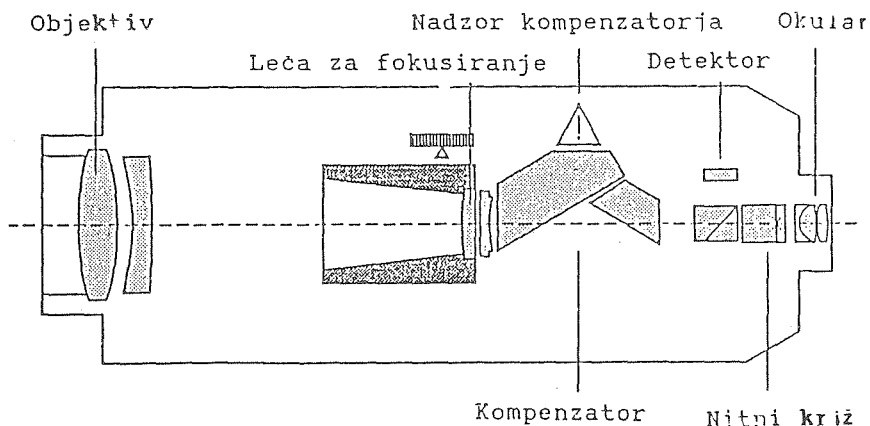
Preko digitalne povezave je vzpostavljen dialog med obema instrumentoma in s pomočjo alfanumeričnih znakov in tipkovnice tudi z opazovalcem. Vsi ukazi, ki jih opazovalec posreduje instrumentu preko tastature, procesor pretvori v digitalen zapis in ga posreduje dopolnilnemu instrumentu. Tako je omogočena obojestranska komunikacija s krmilnim sistemom na dopolnilnem instrumentu, pri zajemanju podatkov in obdelavi podatkov. Glavni instrument omogoča centralno zajemanje podatkov, čeprav nimamo priključenega zunanjega spomina. Brezžična daljinska povezava omogoča izmenjavo informacij in

podatkov med glavnim in dopolnilnim instrumentom na razdalji do 100 m.

Naslednji problem, ki ga želijo rešiti z nadaljnjim razvojem merskega sistema, je upoštevanje vpliva refrakcije na izmerjene količine. Ta problem naj bi rešili z namestitvijo dodatnih temperaturnih tipal, ki bi bila nameščena na različnih nivojih merskega sistema. Iz dobljenih podatkov o temperaturi zraka na različnih nivojih in računskega modela, bi lahko izračunali popravke izmerjene količine zaradi vpliva refrakcije. Če bo strokovnjakom uspelo rešiti ta problem, se bo povečala natančnost merjenja, oziroma bodo dovoljene daljše maksimalne vizure pri preciznem nivelmanu. Na žalost niso objavljeni podatki, o natančnosti merjenja, ki jo lahko dosežemo s tem merskim sistemom. Edini podatek, ki ga imam na razpolago je, da je srednji pogrešek enega odčitka <0.01 mm.

4. WILD NA 2000 - PRVI DIGITALNI NIVELIR NA SVETU

Wild NA 2000 je prvi serijski nivelir, ki omogoča avtomatsko zajemanje podatkov niveliranja. Odčitek na kodirani nivelmanski lati zajamemo s pomočjo digitalno obdelane slike kode late, ki jo nivelir zazna z vrsto senzorjev, ki so praktično nadomestili oko opazovalca. Slika nivelmanske late se



Slika 3

pretvori v digitalni signal, ki se izvednoti v računalniku nivelirja.

4.1. Zgradba digitalnega nivelirja

4.1.1. Optika in mehanika

Optika in mehanika digitalnega nivelirja Wild NA 2000 je enaka, kot pri ostalih nivelirjih, ki jih ima v svojem proizvodnem programu tovarna Wild (slika 3). Tako lahko digitalni nivelir uporabljamo tudi kot navaden optični nivelir.

Slika kodirane nivelmanske late se preko razdelilca žarkov upodobi na detektorju. Jakost vpadle svetlobe je neškodljiva za opazovalca in kljub temu dovolj močna, da jo lahko detektor zazna (v infrardečem območju). Detektor, ki je velik približno 6.5 mm, je sestavljen iz 256 fotodiod, ki predstavljajo slikovne elemente in so nameščene na oddaljenosti 25 m. Zorno polje optike nivelirja znaša 2 grada, kar pomeni, da se pri oddaljenosti late 1.8 m od nivelirja, preslika na detektor 70 mm in pri oddaljenosti 100 m, 3.5 m nivelmanske late.

4.1.2. Elektronika

Mikroprocesor predstavlja jedro elektronskih delov, ki med merjenjem, s pomočjo elektronike, nadzira tudi delovanje kompenzatorja nivelirja. V primeru poškodbe kompenzatorja ali kadar nivelir ni dobro horizontiran, dobimo izpisano informacijo o tem na zaslonu.

Detektor spremeni kodo nivelmanske late v analogni video signal. S pomočjo elektronike se ta signal ojača in digitalizira. Tako dobimo merski signal, ki je sestavljen iz 256 slikovnih elementov in se lahko obdela v mikroprocesorju.

Poleg tega se zajame tudi podatek o položaju leče za fokusiranje. S tem podatkom program v instrumentu izračuna približno razdaljo med instrumentom in nivelmansko lato, iz enačbe:

$$d = k / s$$

kjer so:

d ... približna razdalja med instrumentom in nivelmansko lato

k ... optična konstanta nivelirja

s ... položaj leče za fokusiranje

Merski podatki se izpišejo na zaslonu. Numerične podatke in ukaze posredujemo nivelirju preko tipkovnice, ki je nameščena ob okularju nivelirja.

4.2. Nivelmanska lata

Za digitalni nivelir so razvili posebno nivelmansko lato, ki je sestavljena iz treh posameznih elementov dolžine 1.35 m. Tako lahko izbiramo med dolžinami nivelmanske late 1.35, 2.70 ali 4.05 m. Nivelmanska lata ima nanešeni dve razdelbi: na eni strani je nanešena binarno kodirana razdelba za avtomatsko odčitavanje in na drugi strani normalna razdelba za optično odčitavanje. Nivelmanska lata je zgrajena iz umetnih snovi, katerih osnovo predstavljajo steklena vlakna (koeficient razteznosti < 10 ppm).

4.3. Merski postopek

Merski postopek je razdeljen na posamezne korake:

Viziranje / fokusiranje : pritisnemo tipko za	izmero
Elektronsko odčitavanje detektorja	0.004 -
1.0 s	
Grobo optimiranje	0.3 -
1.0 s	
Fino optimiranje	0.5 -
1.0 s	

Izpis rezultata

Iz navedenih korakov merskega postopka vidimo, da se tudi pri uporabi digitalnega nivelirja Wild NA 2000 merski postopek začne z viziranjem in fokusiranjem. S pritiskom na tipko "Meritev" se vključi elektronski

nadzor delovanja kompenzatorja in odčita položaj leče za fokusiranje.

4.4. Izvrednotenje merskega signala in priprava signala v digitalnem nivelirju

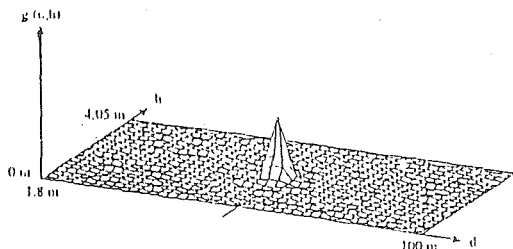
4.4.1. Postopek izvrednotenja

Za izvrednotenje merskega signala so uporabili korelacijsko metodo. Pri tem se primerja koda, ki si jo "zapomni" nivelir in slika kode nivelmanske late, ki se preslika na detektor (t. i. referenčni in merski signal).

Pri korelacijski metodi imamo opravka z dvema parametroma:

- odčitkom na nivelmanski lati, ki se spreminja z velikostjo preslikane kode na detektor

- merilom kode



Oba parametra sta funkcijsko povezana z oddaljenostjo med instrumentom in nivelmansko lato.

Slika 4

Na sliki 4 je prikazan značilen potek korelacijske funkcije na celotnem merskem območju. Tam, kjer je dosežena optimalna korelacija med referenčnim in merskim signalom, dobimo jasno izražen maksimum korelacijske funkcije. Iz koordinat maksimuma korelacijske funkcije je določen odčitek na nivelmanski lati in razdalja med instrumentom in nivelmansko lato.

4.4.2. Določitev maksimuma korelacijske funkcije

Za določitev maksimuma korelacijske funkcije mora biti sistematično "pregledano" celotno mersko območje (za razdaljo od 1.8 do 100 m in za velikost nivelmanske late od 0 do 4.05 m). Zaradi tega je potrebno izračunati približno 50 000 korelacijskih koeficientov. Število računskih operacij so zmanjšali s tako imenovanim grobim in finim optimiranjem.

a) Grobo optimiranje

Pri grobem optimiranju se na rastru dolžine in višine nivelmanske late iščejo približne koordinate maksimuma korelacijske funkcije. S približno razdaljo, ki jo dobijo z odčitavanjem položaja leče za fokusiranje, je omejeno iskanje maksimuma korelacijske funkcije. Tako je število neobhodnih računskih operacij zmanjšano za 80%. V vsakem vozlišču rastra izračuna računalnik koeficient korelacijske funkcije. Vrednosti koeficientov na območju, kjer pride do optimalnega prekrivanja referenčnega in merskega signala, so znatno različne od vrednosti ostalih koeficientov.

b) Fino optimiranje

Ko računalnik izračuna približne koordinate maksimuma korelacijske funkcije, se postopek izvrednotenja merskega signala nadaljuje s tako imenovanim finim optimiranjem. V tem primeru se relativni položaj slike kode nivelmanske late, ki se preslika na detektor in merilo kode late določi z večjo natančnostjo.

4.4.3. Priprava merskega signala

Jakost vpadle svetlobe na detektor je nehomogena. Zaradi tega jo s pomočjo posebnega programa analizirajo in rezultate analize upoštevajo pri nadaljnjih

izračunih. Poleg tega lahko s programom nadomestijo manjkajoče kodirne elemente. Z raziskavami so ugotovili, da je lahko zakrito do 30 % nivelmanske late. V tem primeru se natančnost in zanesljivost opravljene meritve ne zmanjša. Poleg tega je seveda vseeno, kateri predel nivelmanske late je zakrit.

4.5. Koda nivelmanske late

Uporabljena koda je binarna, saj je sestavljena iz črno - belih elementov. Osnovni element je velik približno 2 mm. Če znaša dolžina nivelmanske late 4.05 m, je koda sestavljena iz 2000 elementov. Za vzorec so uporabili pseudostohastično kodo, saj le ta omogoča uporabo korelacijske metode, poleg tega lahko znaša dolžina vizure tudi do 100 m.

4.6. Praktični preizkus digitalnega nivelirja

Ker je Geodetska uprava v Krškem nivelir Wild NA 2000 (št. 85539) že kupila in so ga bili pripravljene posoditi, sem imel priložnost, da sem ga preizkusil. Natančnost niveliranja, t.j. določitev položaja in merila koda na detektorju, je odvisna od izbrane koda in jakosti vpadle svetlobe na detektor. Prav tako je pomembna kvaliteta preslikave, ki pa je odvisna od uporabljene optike. Te "notranje" faktorje, ki vplivajo na natančnost niveliranja so upoštevali pri konstrukciji nivelirja in izbrani metodi izrednotenja merskega signala.

a) Natančnost viziranja in fokusiranja

Iz optičnih podatkov nivelirja, si lahko izračunamo, da se pri razdalji viziranja 2 m preslika na detektor 0.3 mm in pri razdalji 100 m 14.0 mm širine late. Ker znaša širina nanešene koda na nivelmansko lato 50 mm, je viziranje enostavno in nima večjega vpliva na natančnost merjenja. Dovolj je, da se vertikalna nit nitnega križa nahaja na kodi nivelmanske late. Raziskave so pokazale, da natančnost merjenja ni odvisna od ostrine slike (natančnosti fokusiranja). Seveda to ne pomeni, da fokusiranje odpade. Zgornja trditev velja le v okviru natančnosti fokusiranja, ki ga lahko izvedejo različni opazovalci. Sama

natančnost fokusiranja vpliva na čas merjenja, saj je glede na položaj fokusirne leče določeno območje iskanja maksimuma korelacijske funkcije.

b) Vpliv atmosfere

Tudi pri niveliranju z digitalnim nivelirjem se zaradi atmosferskih vplivov (refrakcije) poslabša kontrast slike koda late in zaradi migotanja, premakne položaj slike koda na detektorju. Z istimi težavami se srečamo, kadar niveliramo ob prometnih cestah, kar povzroči nihanje kompenzatorja nivelirja. Glede na dejstvo, da WILD NA 2000 zajame in izrednoti večje polje nivelmanske late, kot pri niveliranju z optičnimi nivelirji, je vpliv atmosferskih vplivov vendarle nekoliko manjši. Kadar je refrakcija prevelika, si lahko pomagamo s krajšimi vizurami ali optičnim odčitavanjem na nivelmanski lati.

c) Osvetlitev

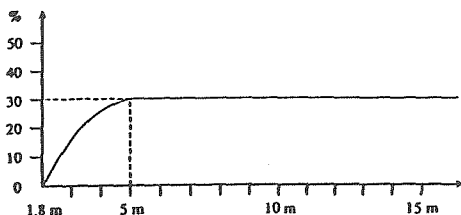
Kot pri vseh optičnih meritvah je osvetlitev late zelo pomembna (preslikavanje koda late). Ker običajno niveliramo na prostem, z osvetlitvijo v splošnem ni problemov. Spreminjajoča dinamika osvetlitve (sonce, oblačnost, mračitev), je upoštevana s časom integracije (od 4 ms do 1 s), ki se spreminja glede na jakost osvetlitve. Merski sistem upošteva tudi nehomogenost osvetlitve, ki je posledica senc na posameznih delih nivelmanske late. Pri uporabi umetne svetlobe je zaželeno, da je spekter uporabljene umetne svetlobe čim bolj podoben spektru dnevne svetlobe.

d) Vidnost late

Velik problem je predstavljala upoštevana možnost, da se določeni del koda nivelmanske late ne vidi. To so upoštevali pri metodi izrednotenja. Problem pa je nastal predvsem zaradi tega, ker ne sme biti a priori podan primer kje, koliko in kako je koda nivelmanske late zakrita.

Program za izrednotenje lahko v okviru mej, ki so prikazane na sliki 5 zazna nevidnost koda in ta del izloči iz postopka izrednotenja. Meja 30 % je postavljena zaradi zanesljivosti merskega postopka, saj sama

metoda izvedenja omogoča tudi večjo nevidnost kode nivelmanske late.



Slika 5

e) Tehnični podatki

Mersko območje znaša od 1.8 do 100 m. Z digitalnim nivelirjem Wild NA 2000 so dosegli sledeče rezultate (v oklepaju so navedene vrednosti preizkusa nivelirja, ki ga je posodila Geodetska uprava v Krškem):

Srednji pogrešek 1 km dvojnega nivelmana, pri čemer je upoštevana natančnost razdelbe in merilo nivelmanske late in razdalja viziranja pod 50 m:

- vizuelno odčitavanje: 2.0 mm
- digitalno odčitavanje: 1.5 mm (1.24 mm)

Srednji pogrešek merjenja po standardu DIN 18 723 brez vpliva pogreška nivelmanske late:

- digitalno odčitavanje: 1.0 mm

Srednji pogrešek posameznih digitalnih odčitkov:

- dolžina vizure do 50 m: 0.3 mm
- dolžina vizure 100 m: 0.5 mm

Sam sem opravil preizkus pri dolžini vizure 25 in 50 m (za vsako dolžino vizure 100 odčitkov). Dobil sem sledeče rezultate:

Dolžina vizure	25 m	50 m
Razlika med največjim in najmanjšim odčitkom	0.4 mm	0.7 mm
Srednji pogrešek posameznega odčitka	0.06 mm	0.17 mm
Srednji pogrešek merjenja dolžin:		
- do 50 m:	20 mm	
- do 100 m:	50 mm	

4.7. Upravljanje nivelirja

Nivelir upravljamo s pomočjo 15 tipk, ki so nameščene ob okularju nivelirja. Dvovrstični LCD - ekran služi za izpisovanje merjenih količin, obvestil o stanju nivelirja in o vnešenih ukazih. Merjene količine se zabeležijo na REC modul ali pa jih preko posebnega priključka prenesemo na zunanji spomin. Pri delu z nivelirjem lahko izbiramo med štirimi programi:

1. Posamezna meritev - Na zaslonu dobimo izpisan odčitek na nivelmanski lati in dolžino vizure. Če imamo vključen zapis na REC modul se izpiše tudi tekoča številka višinske točke.

2. Začetek linijskega nivelmana - podamo številko in nadmorsko višino začetnega reperja. Ko vstavimo zahtevana podatka se nivelir avtomatsko preklopi na program:

3. Nadaljevanje linijskega nivelmana - Na zaslonu se vedno izpiše, kateri odčitek bomo opravili ("zadaj" ali "spredaj"). V okviru tega programa lahko izvedemo tudi vmesne odčitke (n. pr. odčitke na detajlnih točkah) ali zakoličimo določeno višino točke (podamo zahtevano višino točke, po opravljeni meritvi nam nivelir izpiše razliko "mora - je"). Poleg tega se seštevajo (odštevajo) odčitki na nivelmanskih latah in tako dobimo po končanem niveliranju izmerjeno višinsko razliko med dvema reperjema.

4. Preizkus in rektifikacija nivelirja - s tem programom opravimo preizkus horizontalnosti vizurne osi nivelirja in po želji izvedemo (programsko) rektifikacijo nivelirja.

Poleg tega nam nivelir omogoča prikaz podatkov, ki so spravljani na REC modulu, ponovitev posameznih meritev in nastavitev konfiguracije instrumenta (merska enota, število decimalnih mest, čas izpisa posameznega podatka - od 1 do 9 sekund, itd). Samo upravljanje in nastavitve nivelirja je enostavno. Zanimiv je tudi podatek o času merjenja. Tako sem pri uporabi tega nivelirja in z enim figurantom dosegel isto hitrost niveliranja, kot pri uporabi nivelirja Zeiss Ni 002 in z dvema figurantom. To seveda pomeni, da se potrebni čas za izmero skrajša. Mislim pa, da je še pomembnejša razbremenitev opazovalca, ki jo delo z nivelirjem WILD NA 2000, vsekakor omogoča.

5. ZAKLJUČEK

Vložen trud, delo in znanje v razvoj sistema za avtomatsko zajemanje podatkov nivelmana, je obrodil prve sadove. Tako imamo danes na tržišču nivelir WILD NA 2000, s katerim so uspeli avtomatizirati geometrični nivelman, ki je veljal za enega trših orehov pri avtomatiziranju merskih postopkov v geodeziji. Seveda je to šele prvi korak, saj sistemi, ki jih poznamo danes, ne zagotavljajo dovolj velike natančnosti merjenja, da bi jih lahko uporabili za precizni nivelman. Pri nivelirju WILD NA 2000 je problem doseganja večje natančnosti merjenja skrit v nivelmansi lati. Le ta s svojim razteznostnim koeficientom ne omogoča doseganja večje natančnosti merjenja (spreminjanje temperature tekom dneva in glede na letni čas, v katerem niveliramo). Seveda se pri tem pojavi tudi vprašanje, kako daleč so z razvojem sistema za avtomatsko zajemanje podatkov niveliranja ostali proizvajalci geodetskih instrumentov? Mislim, da predstavlja serijska proizvodnja nivelirja WILD NA 2000, vzpodbudo tudi ostalim proizvajalcem geodetskih instrumentov. Tako verjetno ni več daleč čas, ko bo nivelir WILD NA 2000 dobil konkurenco na tržišču. Zanimivo je primerjati tudi čas,

ki je bil potreben za razvoj sistemov za avtomatsko zajemanje podatkov niveliranja. Začetek tega razvoja sega v sedemdeseta leta. Vmesno stopnjo predstavlja nivelir Zeiss RENEI 002 A, ki ga je tovarna Zeiss Oberkochen, strokovni javnosti, predstavila leta 1988. To je elektronski nivelir z možnostjo polavtomatske registracije in računske obdelave izmerjenih količin. Nivelir Zeiss RENEI 002 A elektronsko odčitava vrednost na mikrometru, vendar je, pri tem nivelirju, glavni problem ostal nerešen. Bistvo tega problema je v elektronskem odčitavanju odčitka na nivelmansi lati, ki so ga uspešno rešili v tovarni WILD (1990). Iz teh dveh podatkov vidimo, da gre razvoj sistemov za avtomatsko zajemanje podatkov niveliranja hitro naprej. Tako se bodo verjetno v kratkem na tržišču pojavili prvi nivelirji, s katerimi bomo lahko dosegli takšno natančnost merjenja, da jih bomo lahko uporabili za precizni nivelman.

6. LITERATURA

1. Beckers H., Kuhr H. - H., Rumpf W. E.: Automatische Daten - erfassung und - auswertung beim Prazisions - nivellement, AVN2 - 5, Karlsruhe 1979
2. Caspary W.: Zur Automatisierung des Nivellements, ZFV3 - 9/10, Munchen 1988
3. Caspary W., Heister H., Kurz B.: Ein Beitrag zur Automatisierung des geometrischen Nivellements, ZFV - 8, Munchen 1986
4. Caspary W., Heister H.: Ein Automatisiertes Nivelirsystem, Ingenieurvermessung 88, Band 1, Bonn 1988
5. Schlemmer H.: Zur digitalen Ablesung an Nivellierlatten, AVN - 1, Karlsruhe 1987
6. Gensand H.: Das WILD NA 2000, Das erste digitale Nivelir der Welt, AVN - 6, Karlsruhe 1990
7. Wuller H.: Ein Me system zur Automatisierung des geometrischen Nivellements, AVN - 4, Karlsruhe 1988