

TEHNIČNE LASTNOSTI TAHIMETROV *LEICA GEOSYSTEMS*

TECHNICAL PROPERTIES OF TACHYMETERS *LEICA GEOSYSTEMS*

Dušan Kogoj, Gregor Bilban, Sonja Bogatin

UDK: 528.53

POVZETEK

Prispevek obravnava tehnične lastnosti sodobnih tahimetrov, s poudarkom na instrumentariji proizvajalca Leica Geosystems. Z vedno večjimi zmogljivostmi merskih senzorjev in programske opreme se je uporaba terestričnega geodetskega instrumentarija razširila na zajem kinematičnih procesov in izvajanje kontinuiranih meritev. Poznavanje zmogljivosti instrumentarija proizvajalca geodetske opreme pa lahko bistveno pripomore h kvalitetnejšemu izvajanju geodetskih del.

KLJUČNE BESEDE

kinematične meritve, Leica Geosystems, tahimeter

Klasifikacija prispevka po COBISS-u: 1.04

ABSTRACT

The article describes the technical properties of contemporary tachymeters, with an emphasis on Leica Geosystems instruments. With growing capabilities of measurement sensors and software the use of terrestrial geodetic instrumentation has expanded to survey kinematical processes and carrying out of continuous measurements. Knowledge of capacity of instruments of geodetic equipment manufacturers can significantly contribute to performance quality of geodetic works.

KEY WORDS

kinematical measurements, Leica Geosystems, tachymeter

1 UVOD

V geodeziji se že od nekdaj pojavljajo naloge, pri katerih se meritve nanašajo na premikajoče ali navidezno premikajoče se objekte: merjenje deformacij, naloge geodetske astronomije, navigacija delovnih strojev v gradbeništvu, strojništvu, kmetijstvu.

V preteklosti se je obravnava kinematičnih nalog izvajala na osnovi transformacije kinematičnega problema v zaporedje statičnih meritev. Rezultat naknadno obdelanih statičnih opazovanj, izvedenih v različnih časovnih trenutkih, so spremembe položaja opazovanih točk objekta v času med izbranimi časovnimi trenutki opazovanj. Z razvojem kinematičnih merskih sistemov – globalnega in terestričnega pozicijskega sistema (GPS – Global Positioning System in TPS – Terrestrial Positioning System) – pa se je na trgu pojavil instrumentarij najrazličnejših proizvajalcev, ki omogoča samodejno, kontinuirano spremljanje premikajočih se objektov in določitev položaja v skoraj realnem času. Sistema sta se na področju geodezije uveljavila kot

učinkoviti orodji za hitro določanje položaja v obsežnih kontrolnih sistemih, nadalje sta uporabna v navigaciji delovnih strojev, v gradbeništvu in kmetijstvu pa omogočata realizacijo avtomatizacije tehničnih delovnih procesov. Poleg povečane gospodarnosti in produktivnosti pa omogočata tudi izboljšanje kvalitete del.

Uporabnost terestričnega instrumentarija se je povečala zlasti z odprto arhitekturo, ki podpira razvoj lastnih aplikativnih programov. Z možnostjo motornih pogonov za horizontalni in vertikalni pomik ter žično ali brezžično komunikacijo z zunanjimi aplikacijami se odpirajo številne možnosti – tahimeter olajša operaterju ponavljajoče in zamudne korake obračanja, viziranja (s tem je zagotovljena tudi neprestana in konstantna natančnost meritev, ne glede na siceršnje pogreške operaterja, npr. nenatančno viziranje zaradi slabših svetlostnih pogojev, utrujenosti) ali pa je izvedeno samodejno delovanje tahimetra brez operaterja.

V nadaljevanju je predstavljena zgradba in delovanje sodobnih tahimetrov proizvajalca *Leica Geosystems*.

2 DELOVANJE IN ZGRADBA TAHIMETRA

Glede na zahtevano natančnost in delovne pogoje uveljavljena RTK-GPS metoda (Real Time Kinematic-GPS) ni vedno uporabna. Potrebe po visoki natančnosti meritev in rezultatov, avtomatizaciji delovnih procesov in kontinuiranem izvajanju del so zahtevale nadgraditev klasičnega geodetskega instrumentarija s sistemom za samodejno prepoznavanje in sledenje reflektorja ter povezavo kotnih in dolžinskih meritev v samostojen delovni proces v največji možni meri. Sodobni tahimetri tako podpirajo samostojne procese, kot so avtomatska kompenzacija vertikalnosti Z-osi, samodejno prepoznavanje in sledenje reflektorja, natančno viziranje, samodejno izvajanje kotnih in dolžinskih meritev, dvostransko komunikacijo z zunanjimi aplikacijami. Vhod in izhod podatkov poteka preko tipkovnice in zaslona, zaporednega vmesnika in modula za povezavo z zunanjim računalnikom. Merske vrednosti, uporabniški programi in vhodni podatki so shranjeni na pomnilniških karticah ali na zunanjem računalniku. Pripadajoči programski paketi omogočajo obdelavo podatkov in pridobitev rezultatov v skoraj realnem času.

Od začetka devetdesetih let so se na trgu začeli pojavljati tahimetri najrazličnejših proizvajalcev, vendar je osnovni način delovanja tahimetra pri vseh proizvajalcih enak. Vgraditev elektronske kamere v tahimeter je omogočila avtomatski zajem statičnih, predvsem pa dinamičnih ciljev. Vgraditev dodatnega laserskega razdaljemera (npr. model TCR, preglednica 1) je omogočila merjenje razdalj brez reflektorja. Z razvojem algoritmov, obdelave slike in možnostjo sledenja cilja ter nadgraditvijo ustrezne strojne in programske opreme so instrumenti pridobili široko področje uporabe.

V osnovi je tahimeter sestavljen iz treh samostojnih podsistemov:

- podsistema za merjenje horizontalnih in vertikalnih kotov,
- podsistema za merjenje dolžin in
- podsistema za avtomatsko prepoznavanje in sledenje reflektorja pri TC(R)A in TC(R)P instrumentih (preglednica 1).

V nadaljevanju so predstavljene zmogljivosti TPS-sistemov *Leica Geosystems* in njihova odprta arhitektura, ki ponuja široke možnosti prilagoditve sistema lastnim potrebam. Velik napredek v zmogljivosti in uporabi tahimetrov predstavlja pojav tahimetrov iz serij TPS1000 in TPS2000, ki jim sledijo nadgrajeni in izboljšani tahimetri serije TPS1100 ter najsodobnejša serija System 1200 (marec 2004). Slednja združuje GPS in TPS v enoten uporabniški sistem, enoten zapis podatkov v podatkovni bazi in enotno aplikativno programsko opremo.

2.1 Funkcije instrumentov

Zmogljivosti posameznega instrumenta so odvisne od serije in tipa. V preglednici 1 so podane osnovne oznake, ki določajo funkcionalnost tahimetrov *Leica Geosystems*.

Oznaka	Opis
<i>T</i>	teodolit za merjenje kotov
<i>TC</i>	tahimeter za merjenje kotov in dolžin
<i>M</i>	podpora motorizaciji
<i>R</i>	možnost merjenja dolžin brez reflektorja
<i>A</i>	samodejno prepoznavanje reflektorja in možnost sledenja
<i>P</i>	PowerSearch sistem za samodejno iskanje reflektorja

Preglednica 1: Oznake funkcij tahimetrov *Leica Geosystems*.

a) Samodejno prepoznavanje reflektorja in sledenje (ATR - Automatic Target Recognition in LOCK - Automatic Target Tracking)

Po grobem viziranju reflektorja (reflektor se nahaja v vidnem polju daljnogleda) in pričetkom izvajanja meritve instrument samodejno premakne center daljnogleda - nitnega križa na center reflektorja in opravi meritev (funkcija ATR). Po prvem natančnem viziranju lahko instrument sledi reflektor (funkcija LOCK); tudi v primeru, ko nastopi krajša prekinitev vidljivosti med instrumentom in reflektorjem. Motorizacija omogoča tudi samodejno obračanje instrumenta pri merjenju v dveh krožnih legah, samodejno obračanje instrumenta v smeri točke za zakoličevanje ali v smeri naslednje točke za orientacijo.

Uporaba: topografske raziskave, zajem digitalnega modela reliefa, zbiranje podatkov za geografske informacijske sisteme, navigacija delovnih strojev, kontrolne meritve.

Prednosti: ATR omogoča zajem dvakrat več točk, kot bi jih v istem času zajeli z ročnim viziranjem, omogoča konstantno natančnost pod določenimi delovnimi pogoji, neodvisno od operaterja, pri uporabi 360° reflektorja ročno usmerjanje ni potrebno. Samodejno sledenje omogoča zajem kinematičnih procesov.

b) Merjenje dolžin brez reflektorja (R – Reflectorless EDM Electronic Distance Meter)

Merjenje dolžin brez reflektorja se bistveno razlikuje od klasičnega načina z uporabo reflektorja. Poleg klasičnega infrardečega (IR) elektronskega razdaljemera je v instrument vgrajen tudi laserski razdaljemer z vidnim rdečim žarkom.

Uporaba: merjenje dolžin proti nedostopnim ali težko dostopnim točkam, podzemne meritve, meritve v tunelih, cevovodih in notranjih prostorih, meritve fasad in pročelij, najrazličnejše meritve pri gradnji, motorizacija omogoča skeniranje površin in merjenje profilov.

Prednosti: S sistemom za merjenje dolžin brez prizme lahko izvajamo meritve preko ovir, do nedostopnih točk. Vidni laserski žarek omogoča hitro in precizno viziranje, tudi pri zelo strmih vizurah, ko viziranje z daljnogledom ni več mogoče.

c) Samodejno iskanje reflektorja (P – PowerSearch)

Za viziranje z ATR mora biti instrument usmerjen približno v smeri proti reflektorju, nato pa instrument išče reflektor po spirali. PowerSearch pa je popolnoma ločen sistem, ki se aktivira ob enem samem pritisku na gumb. Takrat se instrument zavrti za 360°, pri čemer oddaja vertikalni laserski snop v obliki pahljače v razponu +/-40 gon. Takoj ko zazna prizmo, se instrument ustavi, precizno viziranje pa opravi ATR.

Uporaba: pri topografskem zajemu velikega števila točk na težko dostopnem terenu, izvajanje del z enim operaterjem, vodenje strojev.

Prednost: samodejno iskanje reflektorja ob slabši svetlobi ali celo v temi; izvajanje del z enim operaterjem, saj instrument ob prekinitvi sledenja najde reflektor z enim samim pritiskom na gumb.

d) Daljinsko vodenje funkcij na instrumentu (RCS – Remote Control Surveying)

Funkcije instrumenta so vodene z oddaljeno daljinsko upravljalno enoto RCS preko brezžične povezave (npr. radio modem). Vse meritve se opravijo in shranijo na instrumentu, daljinska upravljalna enota pa omogoča prikaz merskih rezultatov in upravljanje instrumenta »kot za instrumentom«. Daljinski upravljalnik ima vgrajen enak zaslon in tipkovnico ter enak uporabniški vmesnik kot sam instrument.

Uporaba: vodenje instrumenta s ciljne točke.

Prednosti: en sam operater.

e) Luč za usmerjanje (EGL – Electronic Guide Light)

Vgrajena utripajoča luč na teleskopu instrumenta usmerja figuranta pri reflektorju.

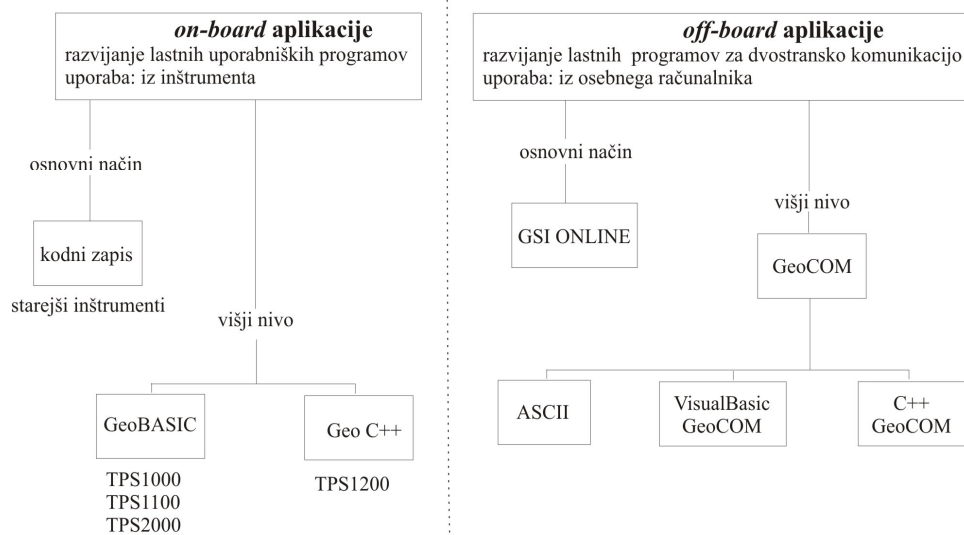
Uporaba: pri zakoličevanju točk.

Prednosti: hitro in enostavno postavljanje reflektorja v smeri vizure.

2.2 Podpora dvostranski komunikaciji in razvijanje uporabniških programov

Idejna zasnova sodobnih geodetskih merskih sistemov *Leica Geosystems* je odprta arhitektura, ki uporabniku omogoča nadgraditev sistema lastnim potrebam. Zunanji nadzor tahimetrov

predstavlja nov pristop pri reševanju geodetskih nalog. Izmenjava podatkov in konfiguracij med instrumenti in zunanji računalniki ali neposreden prenos podatkov na zunanjo pomnilno enoto močno povečuje fleksibilnost in funkcionalnost merskih senzorjev proizvajalca *Leica Geosystems*. Poleg vse večjih zmogljivosti posameznih komponent instrumentov ponuja *Leica Geosystems* podporo za dvostransko komunikacijo z instrumenti in podporo za razvijanje samostojnih uporabniških programov (preglednica 2).



Preglednica 2: Komunikacijski protokoli Leica Geosystems.

a) Dvostranska komunikacija (zunanje – *off-board* – aplikacije)

Leica Geosystems ponuja dva protokola za zunanjo komunikacijo s tahimetri:

- GSI Online in
- GeoCOM.

Komunikacija med instrumentom in zunanjim računalnikom poteka preko samostojnega uporabniškega programa, napisanega v programskem jeziku C++ ali Visual Basic, ali iz že obstoječega komunikacijskega vmesnika (npr. TPS1000/11000 Communications). Pogoj za uspešno komunikacijo je ustrezna nastavitve komunikacijskih parametrov (hitrost prenosa – Baudrate, število podatkovnih bitov – Data Bits, parnost – Parity, število končnih znakov – Stop Bits).

Nadzor instrumenta iz zunanjega računalnika in shranjevanje obsežnih podatkov na zunanjo pomnilno enoto je potreben zlasti v primeru kontinuiranih meritev in obdelave podatkov v skoraj realnem času (hidrološke naloge, monitoring objektov, navigacija strojev ...). Izmenjava podatkov se izvede preko zaporednega vmesnika RS232. Istočasna kabelska povezava instrumenta z računalnikom in virom energije je izvedena z Y-kablom. Lahko pa je izvedena tudi brezžična

komunikacija in prenos podatkov na oddaljen strežnik preko radijske povezave, GSM, LAN, WLAN ali internetne povezave.

GSI Online

Geo Systems Interface GSI Online (*Leica Geosystems*) predstavlja najosnovnejši podatkovni protokol za dvostransko komunikacijo med tahimetri in računalnikom. GSI Online temelji na enostavnem naboru ukazov za branje in pošiljanje vrednosti iz oz. v instrument. Nabor ukazov je odvisen od serije in tipa instrumenta, ki definirata funkcionalnost instrumenta. Glavni ukazi so: SET, CONF, PUT in GET, s katerimi so nadzorovane osnovne funkcije, kot so nastavitve in branje notranjih instrumentalnih parametrov ter prenos vrednosti (meritev) iz instrumenta.

GeoCOM

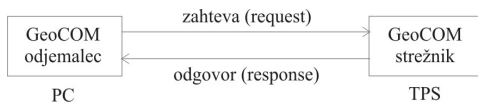
S serijo tahimetrov TPS1000 je bilo razvito novo okolje, ki podpira dostop iz zunanega računalnika do vseh podsistemov in funkcij instrumenta. GeoCOM predstavlja najučinkovitejši protokol za dvostransko komunikacijo med instrumentom in računalnikom. Možnosti upravljanja z instrumentom so bistveno večje kot v primeru komunikacijskega protokola GSI Online, saj je mogoče uporabljati vse funkcije posameznih podsistemov instrumenta. Posebej v primeru razvijanja lastnih programov za komunikacijo je priporočljivo uporabljati izključno protokol GeoCOM, ki podpira dva (tri) načina (-e) komunikacije:

a. osnovni način ASCII

b. zmogljiv vmesnik za komunikacijo preko programov, zapisanih v programskem jeziku C++ ali Visual Basic, ob uporabi pripravljenih knjižnic GeoCOM s funkcijami za dvostransko komunikacijo.

Osnovni način delovanja pri višjih serijah (TPS1100, TPS1200) ostaja enak, dodane so le funkcije, ki se nanašajo na nove zmogljivosti instrumentov.

Komunikacija se izvrši med dvema udeležencema: odjemalcem (client) in strežnikom (server). Strežnik predstavlja TPS-instrument, odjemalca pa zunanja naprava (računalnik) (slika 1). Komunikacijska enota je sestavljena iz zahteve (request) in ustreznega odgovora (reply). Odjemalec pošlje zahtevo na strežnik – instrument in sprejme njegov odgovor. Sredstvo za komunikacijo je komunikacijska linija.



Slika 1: Osnovna komunikacijska enota.

V primeru komunikacije preko programov, zapisanih s programskim jezikom C++ ali Visual Basic, je na voljo knjižnica GeoCOM s pripravljenimi funkcijami za dvostransko komunikacijo, ki jih nato kličemo iz uporabniškega programa (koncept DLL Dynamic Link Library). Protokol

vključuje tudi datoteke z deklaracijami konstant, spremenljivk in predmetov, ki se nanašajo na instrument. Funkcije in deklaracije se razlikujejo glede na lastnosti programskih jezikov.

Pri komunikaciji preko protokola GeoCOM je potrebno temeljito poznavanje lastnosti in zmogljivosti instrumenta ter dobro znanje programskega jezika, v katerem bomo razvijali samostojno zunanjo (*off-board*) aplikacijo (C++ ali VB).

b) Razvijanje samostojnih uporabniških programov (vgrajene – *on-board* – aplikacije)

V instrumentu so nam na voljo standardno nameščeni programi, s katerimi lahko izvajamo zaključene, samostojne naloge (npr. urez, določitev stojišča, zakoličevanje, referenčna linija, girusna metoda ...). Poleg standardnih programov *Leica Geosystems* ponuja dodatne opsijske programe, ki jih s programsko opremo *Leica GeoOffice*¹ namestimo v instrument. Za popolno delovanje teh programov je potreben nakup licence in šele z vnosom ključa se aplikacija aktivira, in sicer samo na instrumentu (tip in serijska številka), za katerega je bil program kupljen. Programi so torej neprenosljivi.

GeoBASIC/GeoC++

Pri serijah TPS1000 in TPS1100 je na voljo integrirano razvojno okolje. Serije tahimetrov TPS1000 in več podpirajo programski jezik GeoBASIC (*Leica Geosystems*) za izdelavo lastnih aplikacij, ki jih namestimo v instrument. GeoBASIC tako predstavlja še bolj odprt sistem tahimetrov *Leica Geosystems*. Spet pa je potrebno zelo dobro znanje programiranja in poznavanja instrumenta. GeoBASIC je Basicu podoben programski jezik, namenjen za izdelavo lastnih *on-board* aplikacij (npr. aplikacija za snemanje profilov v tunelih). Pri razvijanju lastnih programov je mogoče vključevati obstoječe podsisteme instrumenta ter funkcije za nastavitve parametrov in izvajanje meritev.

Kakšna je razlika med programskim jezikom GeoBASIC in standardnim programskim jezikom BASIC? GeoBASIC vsebuje:

- že zapisane značilne uporabniške vmesnike (npr. standardno mersko okno), ki jih lahko kličemo že z nekaj vrsticami kode,
- knjižnico z vgrajenimi funkcijami za komunikacijo z instrumentom in upravljanje s posameznimi podsistemi instrumenta,
- knjižnico geodetskih matematičnih funkcij, ki jih prav tako lahko kličemo že z eno vrstico kode,
- datoteke z definiranimi podatkovnimi strukturami, ki se nanašajo na instrument.

Z novo serijo System 1200 je na voljo GeoC++. To je napredno, objektno orientirano programsko okolje, ki temelji na programskem jeziku C++.

¹ *GeoOffice* je sodoben in logičen naslednik programov *Leica SurveyOffice*, *Leica LevelPak-Pro* in *Leica Ski-Pro*. Poleg izmenjave podatkov z vsemi aktualnimi modeli tahimetrov, nivelirjev in GPS-sprejemnikov omogoča tudi nameščanje sistemske programske opreme, sistemske aplikativne opreme, z opsijskimi moduli pa tudi naknadno obdelavo GPS-opazovanj, izravnavo, kombiniranje GPS- in TPS-opazovanj, vizualizacijo meritev, pripravo zapisnikov, izvoz podatkov ...

3 ZAHTEVE PRI IZVAJANJU KINEMATIČNIH MERITEV

Pri kinematičnih meritvah zaradi gibanja reflektorja ni mogoče izvajati nadštevilnih meritev, s katerimi bi zmanjšali ali eliminirali vplive delovnega okolja, instrumentalne pogreške in negativne vplive matematičnega modela, zato je treba za vsak zajem kinematičnih meritev s tahimetrom definirati naslednje vrednosti oz. izpolniti zahteve:

- sinhronizacija merskih senzorjev

Med sistemom sledenja ter sistemom za merjenje horizontalnih in vertikalnih kotov je potrebna visoka stopnja sinhronizacije. Meritve pa bodo odvisne tudi od parametrov elektronskega merjenja dolžin, kot sta merska frekvenca in velikost najmanjšega vidnega polja.

- kalibriran instrument

Pri kinematičnih meritvah nimamo možnosti izvedbe kotnih opazovanj v dveh krožnih legah in večkratnega merjenja dolžin ter s tem eliminiranja instrumentalnih pogreškov, zato je kalibriran instrumentarij pogoj za pridobitev korektnih meritev.

- kratek vklopni čas

Koordinate položaja reflektorja, izračunane na osnovi meritev, imajo časovni trenutek računalnika, kar pomeni, da izračunana časovna točka popolnoma ne ustreza dejanskemu položaju, za katerega so bile izvedene meritve. Pri samem prenosu meritev na zunanji računalnik namreč nastopi časovni zamik. Da bi lahko ta vpliv eliminirali, je potrebno določiti vrednost mrtvega časa, ki poleg časa, potrebnega za prenos podatkov, vključuje še računski čas algoritma in hitrost izvajanja meritev (TPS1200 tako opravi kar 8 meritev v sekundi).

- možnost samodejnega iskanja reflektorja

Rešitev samodejnega iskanja reflektorja po premiku iz vidnega polja instrumenta je izvedena pri najnovejši seriji TPS1200. Avtomatski tahimetri TCRA1200 oziroma TCRP1200 imajo vgrajene algoritme za iskanje tarče, če se ta premakne ali skrrije iz vidnega polja instrumenta:

- instrument lahko predvideva gibanje reflektorja z isto hitrostjo kot pred prekinitvijo,
- z opcijo PowerSearch lahko preišče celotno okolico (instrument TCRP, preglednica 1),
- aktivira iskanje prizme ATR po spirali ali
- se vrne v zadnji položaj, kjer je bil vidni kontakt z reflektorjem še vzpostavljen.
- zagotoviti nemoteno komunikacijo med merskim in krmilnim sistemom ter sistemom za obdelavo opazovanj.

V okviru naloge, ki jo izvajamo s kinematičnimi meritvami, je potrebno še:

- vzpostaviti krmiljenje merskega sistema iz centralnega računalnika
- definirati način samodejnega shranjevanja - bodisi na notranji pomnilni medij ali zunanji računalnik preko kableske povezave ali radijske zveze
- izbrati ustrezen reflektor

Pri večjih premikih reflektorja (vodenje strojev) je za izvajanje kinematičnih meritev kot edini uporaben 360° reflektor.

- zagotoviti možnost transformacije med koordinatnimi sistemi
- določiti velikost vektorja premika oz. hitrost in način gibanja reflektorja
- definirati vrednost merske frekvence tako, da ta zadostuje za zajem kinematičnega procesa
- zagotoviti avtomatsko sledenje.

V splošnem so zahteve pri kinematičnih meritvah obsežnejše. Izbira instrumenta je pri zajemu kinematičnih (dinamičnih) procesov ključnega pomena.

4 VRSTE REFLEKTORJEV

Izbira reflektorja ima velik vpliv na vrednosti merskih rezultatov. V osnovi se za samodejno sledenje uporabljajo tri vrste reflektorjev:

- odbojna folija

Natančnost merjenja dolžin in kotov je pri uporabi odbojne folije slabša v primerjavi s standardnim krožnim reflektorjem. Doseg elektronskega merjenja dolžin znaša za srednje atmosferske pogoje približno 180 m, z natančnostjo ± 3 mm (*Leica Geosystems*).

- standardni krožni reflektor

Ker se položaj reflektorja pri kinematičnih meritvah spreminja, je uporaba standardnega krožnega reflektorja pri kinematičnih meritvah zelo omejena. Na osnovi raziskav (Hennes, 1999) so bila ugotovljena odstopanja tudi nekaj mm glede na orientacijo reflektorja in višinski kot vizure.

- 360° reflektor

Da bi lahko premikajoči reflektor nemoteno kontinuirano spremljali, je najprimernejša uporaba 360° reflektorja, vendar pa lahko nastopijo odstopanja velikosti 2 mm v položaju in 3 mm v višinskem smislu (Flach, Naterop, 1999). Odstopanjem se izognemo z uporabo PRO²-izvedbe 360° reflektorja.

5 MOŽNOSTI UPORABE TPS SISTEMOV

Zmogljivosti TPS-sistemov povečujejo uporabnost sodobnih tahimetrov zlasti pri delih v gradbeništvu in inženirski geodeziji, kot so:

- vodenje strojev pri gradnji cest in železnic
- gradnja predorov: natančno vodenje vrtalnih strojev
- načrtovanje v gradbeništvu: vodenje žerjavov, avtomatsko določanje globin

¹ Posebnost PRO-izvedbe reflektorja je posebna oblika prizme. Reflektor tako zagotavlja večjo stabilnost ter višjo natančnost. Primarno je namenjena vodenju strojev, sicer pa tudi za vse aplikacije z avtomatskimi tahimetri.

- navigacija: določanje položaja in gibanja plovil pri gradnji mostov, merjenju globin, navigacija žičnih gondol
- kontrolne meritve v inženirski geodeziji:
- jezovi

monitoring premikov: prednost so kontinuirane, časovno določene meritve visokih natančnosti in sistemi, povezani s samodejnim alarmiranjem

- mostovi

merjenje vpliva obremenilnih sil, kontinuirano merjenje premikov, samodejno opazovanje nosilnih stebrov; uporaba instrumenta je lahko ročna ali avtomatska

- predori

monitoring premikov zaključenih objektov in spremljanje premikov pri izvajanju del z ročnim ali samodejnim opazovanjem izbranih točk, monitoring geodetske mreže predora; prednost je vsestranska uporaba instrumenta tudi ob zahtevnih delovnih pogojih

Avtomatizacija delovnih procesov pri gradnji visokih objektov, cest, železnic, pri globinskih gradnjah, izdelavi strojev, kontrolnih sistemov predstavlja visoke zahteve v smislu merske tehnike. Tudi v procesu avtomatizacije so se uveljavili postopki, ki temeljijo na klasičnih geodetskih metodah, kot so triangulacija, trilateracija in interferometrija. Nove so samo zahteve v smislu:

- visoke hitrosti zajema meritev in računskih algoritmov,
- obdelave podatkov v realnem času in
- izvedenja rezultatov v realnem času.

6 ZAKLJUČEK

Tudi v terestrični geodeziji smo priča hitremu razvoju geodetskega instrumentarija kot posledici vedno večjih zmogljivosti merskih senzorjev in programske opreme. Ob predpogoju znanja o geodetskih metodah in postopkih lahko s poznavanjem delovanja in zmogljivosti merskih senzorjev ter programske opreme bistveno razširimo možnosti uporabe terestričnega geodetskega instrumentarija. Razvoj tehnologije namreč omogoča pridobitev položaja statičnega in gibajočega objekta/točke v skoraj realnem času. Glede na zahteve naloge je na voljo več merskih sistemov (GPS, TPS-sistemi, geotehniški senzorji), ki se razlikujejo po dosegu, natančnosti določitve položaja, frekvenci meritev in prenosu podatkov. Izbira merskega sistema je odvisna od zmogljivosti sistema, zahtev naloge, predvsem v smislu natančnosti meritev in rezultatov, kakor tudi ekonomičnosti same izvedbe. Za čim večjo gospodarnost delovnih procesov je treba poznati zmogljivosti posameznih merskih sistemov, predvsem pa zahtevano natančnost del, ki jih izvajamo. V primeru kinematičnih meritev nastopi problem pomanjkanja nadštevlnih opazovanj, ki pa jih

lahko pridobimo s kombinacijo merskih sistemov. Na trgu so na voljo izdelani programi, ki omogočajo povezavo različnih merskih senzorjev ter obdelavo opazovanj v realnem času. Pri nakupu novega instrumentarija in programske opreme pa je treba upoštevati predvsem naslednje:

- združljivost z obstoječo opremo (pri zamenjavi proizvajalca se je treba pozanimati o združljivosti z opremo, ki jo že uporabljamo),
- ali nam zastopnik nudi celoten servis in tehnično podporo,
- ali nam bo zmogljivost merskih senzorjev in funkcionalnost programske opreme zadoščala pri reševanju nalog.

Literatura in viri:

Flach, Ph., Naterop, D. (1999). Neue Analysetechniken für Deformationsmessungen in permanenten Robotertachymeter_Netzen. AVN, 8–9/1999.

Hennes, M. (1999). Grundlegende Aspekte zur Bestimmung der Leistungsfähigkeit von Robottachymetern.

Kogoj, D. (2002). Merjenje dolžin z elektronskimi razdaljemerji. Ljubljana: UL Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za geodezijo.

Kuhlmann, H. (1999). Sensorik zielverfolgender Tachymeter. Stuttgart.

Stempfhuber, W. (1998). Kinematische Vermessung mit GPS und zielverfolgendem Tachymeter. Diplomarbeit. Geodätisches Institut der Technischen Universität München.

Stempfhuber, W., Maurer, W. (2001). Leistungsmerkmale von zielverfolgenden Tachymetern bei dynamischen Applikationen. Lehrstuhl für Geodäsie, Technischen Universität München.

Priročnik o instrumentih: TPS1100 Professional Series User's Manuals. Leica Geosystems AG.

<http://www.geoservis.si>

<http://www.leica-geosystems.com>

izr. prof. dr. Dušan Kogoj, univ. dipl. inž. geod.

FGG - Oddelek za geodezijo,

Jamova 2, SI-1000 Ljubljana

E-pošta: dkogoj@fgg.uni-lj.si

Gregor Bilban, univ. dipl. inž. el.

Geoservis, d.o.o.,

Litjaska cesta 25, SI-1000 Ljubljana

E-pošta: gregor.bilban@geoservis.si

asist. Sonja Bogatin, univ. dipl. inž. geod., inž. mat.

FGG - Oddelek za geodezijo,

Jamova 2, SI-1000 Ljubljana

E-pošta: sbogatin@fgg.uni-lj.si

Prispelo v objavo: 20. september 2004