



Robottitakymetri, kierrettävä ja pyöritettävä kehystaalu, johon prisma on kiinnitetty, sekä miniprisma.

Jaakko Santala

Robottitakymetrin kinemaattisen mittausmoodin kalibrointimenetelmän kehittäminen ja ensimmäiset tulokset

Lasermenetelmässä käytetään tason kallistusmahdollisuudella varustettuja tasolasereita. Takymetreihin perustuvassa järjestelmässä käytössä ovat moottoroidut robottitakymetrit, jotka tunnistavat ja hakeutuvat kohteeseen automaattisesti (ATR). Satelliittipaikanmääritykseen perustuvassa GPS-menetelmässä käytetään yhtä tai kahta GPS-vastaanotinta. Menetelmiä voidaan käyttää myös modulaarisesti, jolloin moduuleja sopivasti yhdistämällä saadaan eri työkonetyypeille sopivia ohjausjärjestelmiä.

Lasermenetelmän vahvuutena on sen tuttuus, ja kun koje on pystytetty voi sitä käyttää useat työkonet yhtä aikaa. Takymetrille ja GPS:lle on tyypillistä kolmiulotteisuus, eli ohjausta tehdään kol-

Rakennustyömaan automaattiseen ja reaaliaikaiseen koneohjaukseen voidaan käyttää kolmea eri järjestelmää: optista lasermetelmää, robottitakymetreihin perustuvaa järjestelmää ja/tai GPS-vastaanottimiin perustuvaa menetelmää.

miulotteisten x,y,z-koordinaattien avulla. Takymetri edellyttää näköyhteyttä ohjattavaan kohteeseen, sen sijaan GPS-vas-

taanottimella tulee olla signaaliyhteys taivaalle, nk. GPS- näkyvyys.

Tässä kirjoituksessa käsitellään robottitakymetrin koneohjauksessa tarvittavan kinemaattisen mittausmoodin tarkkuuden määrittämistä laboratorikalibroinnilla. Työ on tehty Teknillisen korkeakoulun Geodesian laboratoriossa laboratorioon soveltuvan kalibrointimenetelmän kehittämiseksi.

Tässä työssä kinemaattisen mittausmoodin tarkkuuden määrittämisessä on käytetty vain yhtä lyhyttä mittausetäisyyttä kahdella nopealla kohteeseen, so. pyöreän kehystaulun reunalle, kiinnitetyn prisman, liikenopeedella. Prismana on ollut käytössä tavallinen minisoppi-prisma normaalisti käytettävän pyöröprisman sijasta, ja prisman liikerata on

ollut ympyrä säteen arvolla n. 1,2 m. Ympyrää on mitattu kolmessa eri atsimuutissa 15, 0 ja 345 astetta, - atsimuutin asennossa 0 astetta prisman liikerata on ollut kohtisuorassa mittaussädettä vastaan.

Kussakin atsimuutissa on tehty ensin **staattisella mittaamoodilla** ”referenssimittaukset” ympyrän, prisman liikeradan, määrittämiseksi mahdollisimman tarkasti, minkä jälkeen on suoritettu mittaukset kinemaattisesti liikkuvaan prismaan. Mittausetäisyys oli n. 5 m ja pyörivän prisman liikenopeudet, kehänopeudet, olivat 0,50 m/sek ja 0,73 m/sek. Tasoituslaskenta ja analyysit tehtiin A xyz-ohjelmalla. Kalibroitikehys ja käytetty robotitakymetri Leican TCA 2003 sekä miniprisma näkyvät oheisessa kuvassa.

Tulokset on esitetty oheisessa laatikossa sekä staattisen ”referenssimittauksen” että kinemaattisen kalibroitimitauksen osalta.

Johtopäätöksiä

Työn tarkoituksena oli kehittää robotitakymetrin kinemaattisen mittaamoodin kalibroitimenetelmä. Menetelmä osoittautui toimivaksi. Tätä seuraavassa tutkimuksessa tullaan käyttämään useampia mittausetäisyyksiä ja tavallisen miniprisman sijasta mittaussuunnasta riippumaton 360 asteista prismaa sekä useita prisman liikenopeuksia.

Staattisesti tehdyt mittaukset osoittivat, että kalibroitikehys pystytään luomaan riittävällä tarkkuudella koordinaattimitausvirheen ollessa 0,1 mm:n kerta-luokkaa.

Takymetrin liikerata oli suhteellisen suuri lyhyestä tähtäysetäisyydestä (n. 5 m) johtuen. Prisma liikkui n. 1,2 m:n säteisen ympyrän kehällä alle 1 m/sek:n nopeudella. Takymetri kykeni seuraamaan liikkuvaa prismaa ja mittaamaan sen 3D- koordinaatit käytetyillä nopeuksilla. Kinemaattisen moodin mittaustarkkuus on luonnollisesti heikompi kuin staattisen, mutta ottaen huomioon prismaatyyppin ja sen liikenopeuden, voidaan tarkkuutta pitää vähintäänkin hyvänä: prisman suunnasta ja nopeudesta riippuen keskivirhe vaihteli 1,3 mm – 14,3 mm.

**Kirjoittaja on geodesian
yliassistentti ja dosentti TKK:n
Geodesian laboratoriossa,
sähköposti jaakko.santala@hut.fi.**

TULOKSET

STAATTINEN MITTAUS

Seuraavassa ovat staattisella mittauksella määritetyn ”referenssiympyrän”

- a) pienimmän neliösumman menetelmällä määritetyn ympyrän säde
- b) yhden koordinaattimitauksen keskivirheen arvo
- c) maksimipoikkeama ympyrätasosta ja
- d) maksimipoikkeama säteen suunnassa

kehystaulun eri atsimuutin asennoissa:

atsimuutti 15 astetta

- a) 1 164,354 mm
- b) 0,298 mm
- c) -0,380 mm
- d) -0,259 mm

atsimuutti 0 astetta

- a) 1 164,342 mm
- b) 0,090 mm
- c) +0,143 mm
- d) -0,085 mm

atsimuutti 345 astetta

- a) 1 164,427 mm
- b) 0,066 mm
- c) -0,085 mm
- d) -0,074 mm.

KINEMAATTINEN MITTAUS

Kinemaattisen mittauksen tarkkuutta kuvaavina tuloksina on esitetty

- a) yhden koordinaattimitauksen keskivirheen arvo
- b) kinemaattisesti mitatun ympyrän pienimmän neliösumman menetelmällä määritetyn ympyrän säde

liikkuvan prisman eri kehänopeuksilla ja kehystaulun eri atsimuutin arvoilla:

kehänopeus 0,50 m/sek ja atsimuutti 15 astetta

- 1. mittaussäde a) 6,472 mm b) 1 164,558 mm
- 2. mittaussäde a) 2,207 mm b) 1 166,113 mm
- 3. mittaussäde a) 4,778 mm b) 1 166,636 mm
- 4. mittaussäde a) 4,500 mm b) 1 168,154 mm

kehänopeus 0,50 m/sek ja atsimuutti 0 astetta

- 1. mittaussäde a) 3,796 mm b) 1 163,604 mm
- 2. mittaussäde a) 4,419 mm b) 1 166,715 mm
- 3. mittaussäde a) 1,304 mm b) 1 166,066 mm
- 4. mittaussäde a) 2,522 mm b) 1 165,986 mm

kehänopeus 0,50 m/sek ja atsimuutti 345 astetta

- 1. mittaussäde a) 7,460 mm b) 1 170,165 mm
- 2. mittaussäde a) 10,598 mm b) 1 169,454 mm
- 3. mittaussäde a) 6,811 mm b) 1 166,304 mm
- 4. mittaussäde a) 7,941 mm b) 1 166,845 mm

kehänopeus 0,73 m/sek ja atsimuutti 15 astetta

- 1. mittaussäde a) 14,255 mm b) 1 166,808 mm
- 2. mittaussäde a) 7,608 mm b) 1 167,994 mm
- 3. mittaussäde a) 12,997 mm b) 1 166,883 mm
- 4. mittaussäde a) 5,990 mm b) 1 164,314 mm

kehänopeus 0,73 m/sek ja atsimuutti 0 astetta

- 1. mittaussäde a) 3,644 mm b) 1 167,890 mm
- 2. mittaussäde a) 2,754 mm b) 1 166,776 mm
- 3. mittaussäde a) 2,108 mm b) 1 165,677 mm
- 4. mittaussäde a) 2,958 mm b) 1 166,708 mm

kehänopeus 0,73 m/sek ja atsimuutti 345 astetta

- 1. mittaussäde a) 10,598 mm b) 1 169,454 mm
- 2. mittaussäde a) 6,811 mm b) 1 166,304 mm
- 3. mittaussäde a) 7,460 mm b) 1 170,165 mm
- 4. mittaussäde a) 7,941 mm b) 1 166,845 mm.

