



(10) **LT 5559 B**

(12) **PATENTO APRAŠYMAS**

- (11) Patento numeris: **5559** (51) Int. Cl. (2006): **G01B 11/00**
- (21) Paraiškos numeris: **2007 038**
- (22) Paraiškos padavimo data: **2007 06 13**
- (41) Paraiškos paskelbimo data: **2008 12 29**
- (45) Patento paskelbimo data: **2009 04 27**
- (62) Paraiškos, iš kurios dokumentas išskirtas, numeris: —
- (86) Tarptautinės paraiškos numeris: —
- (86) Tarptautinės paraiškos padavimo data: —
- (85) Nacionalinio PCT lygio procedūros pradžios data: —
- (30) Prioritetas: —
- (72) Išradėjas:
Vytautas GINIOTIS, LT
Donatas REKUS, LT
Petras PETROŠKEVIČIUS, LT
Jonas SKEIVALAS, LT
Česlovas AKSAMITAUSKAS, LT
Domantas BRUČAS, LT
- (73) Patento savininkas:
Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Saulėtekio alėja 11, LT-10223
Vilnius, LT
- (74) Patentinis patikėtinis/atstovas:
—

- (54) Pavadinimas:
Niveliavimo matuoklių brūkšnių padėties tikslumo kalibravimo įrenginys
- (57) Referatas:

Išradimas priklauso matavimo technikos sričiai ir yra skirtas niveliavimo matuoklių brūkšnių padėties tikslumui kalibruoti. Niveliavimo matuoklių kalibravimo įrenginys, susideda iš pagrindo, ant kurio padėta ir justuojama kalibruojamoji matuoklė (KM), etaloninio mato (EM), kreipiančiųjų, kuriomis gali judėti matuoklių brūkšnių padėties matavimo prietaisas - skaitmeninė fotokamera ir rezultatų apdorojimo bloko. Įrenginys papildytas tuo, kad etaloninė ir kalibruojamoji matuoklės yra pakeistos jų fotogrametriniu vaizdu, užfiksuotu kompiuteryje, šis įrenginys turi analizuojantį langą - diafragmą, apimančią abu vaizdus, o (KM) brūkšnių padėtis yra lyginama su (EM) fotogrametrinio vaizdo brūkšnių padėtimi, brūkšnių tarpusavio padėtį fotogrametriniame vaizde nustatant pagal koreliacijos koeficiento vertę.

1. Technikos sritis, kuriai skiriamas išradimas

- 5 Išradimas priklauso matavimo technikos ir technologijų sritims, geodezinių prietaisų niveliacijos matuoklių tikslumo parametrų metrologiniam kalibravimui. Yra žinomi matavimo įrenginiai, skirti geodezinių prietaisų skalių tikslumo kontrolei - universalūs matavimo mikroskopai, dviejų ir trijų koordinacių matavimo prietaisai ir specializuoti kalibravimo įrenginiai.
- 10 Siūlomas įrenginys taip pat gali būti priskiriamas ir kitų skalių matavimo ir kalibravimo įrenginių sričiai: linijinių ir apskritiminių skalių kalibravimo komparatoriams bei specialiems standams linijinėms bei kampų skalėms ir tikslumo keitikliams matuoti. Artimiausiu siūlomo įrenginio analogu yra niveliavimo matuoklių kalibravimo įrenginys.

15 2. Technikos lygis

- Skaitmeninis nivelyras veikia pusiau automatizuotu būdu, nes pats prietaisas - nivelyras - yra nukreipiamas į matuoklę, o tikslus rodmenų atskaitymas vyksta automatiškai. Elektroninė sistema pateikia matuoklės aukščio atskaitą ir atstumą iki jos. Niveliavimo rezultatai gaunami skaitmeniniame indikatoriuje. Jie gali būti fiksuojami ir kaupiami
- 20 elektroninėje laikmenoje. Prietaise įmontuotas mikroprocesorius, turintis programas, skirtas matuoklės atskaitoms ir atstumams fiksuoti, trasoms ir plotams niveliuoti, projektiniams aukščiams žymėti bei nivelyrui tikrinti. Galima matuoti ir tradiciniu būdu pagal antroje matuoklės pusėje pažymėtas centimetrines padalas.

- Visos kodinių brūkšnių matuoklės gali būti kalibruojamos tradiciniais
- 25 interferometriniais komparatoriais. Paprastai pakanka išmatuoti 2,025 mm pločio atskirus elementus (brūkšnius) pasirinktu žingsniu. Pagamintai skalei kalibruoti naudojamas vertikalusis matuoklių komparatorius. Kodinių matuoklių atstumai tarp brūkšnių visada yra kodinių žingsnių sandauga iš 2,025 mm. Horizontaliaisiais komparatoriais tiriamas matuoklių atsparumas šiluminiam plėtimuisi. Matuoklės yra kalibruojamos 0, 10, 20, 30 ir 40 °C
- 30 temperatūroje.

Matuoklių kalibravimo komparatorius iš dalies pakartoja matavimo operacijas, atliekamas niveliavimo metu. Pagrindinis sistemos kalibravimo principas - stebėti lazerinio interferometro ir skaitmeninio nivelyro atskaitas vienu metu. Matavimai atliekami paslenkant brūkšninę kodinę matuoklę vertikaliajame komparatoriuje kas 25 mm ir užrašant lazerinio

35 interferometro bei skaitmeninio nivelyro atskaitas. Mastelio pataisos kiekvienai matuoklei nustatomos pridedant intervalų eilės pataisas.

Matuoklių kalibravimo komparatorius susideda iš slankiklio, prie kurio yra tvirtinama ir reguliuojama kalibruojamoji matuoklė, lazerinio interferometro (etaloninio mato) su atspindinčia prizme, nejudamai pritvirtinta CCD (skaitmenine) fotokamera, nukreipta į ties ja
40 žingsniais perstatomus matuoklės brūkšnius, pavara, kuri skirta matuoklei su veidrodėliu perslinkti išilgai matuoklės ašies, rezultatų saugojimo ir apdorojimo bloko.

Analogas

Žinomas tam tikslui skirtas įrenginys (siūlomo įrenginio analogas) yra sukurtas ir
45 naudojamas Suomijos geodezijos institute (SGI). SGI matuokliai kalibruojami tokiu principu: matuoklė komparatoriuje juda naudojant specialią kėlimo sistemą ir žingsninį motorą. Matuoklės padėtis atskaitoma lazeriniu interferometru, o matuoklės skalės briaunos registruojamos specialia CCD kamera. Automatinė klimato kontrolės sistema registruoja aplinkos temperatūrą, slėgį, drėgmę, nes matuoklės ilgį ir lazerio bangų sklaidimą reikia
50 redukuoti, atsižvelgiant į aplinkos parametrus. Visa ši sistema yra valdoma kompiuterine programa. Svarbiausios komparatoriaus sudėtinės dalys: pagrindas, kalibruojamoji matuoklė, lazerinis interferometras (LI), vertikalusis rėmas (VR), pakėlimo sistema su žingsnine pavara ir CCD kamera (skaitmeninė fotokamera, SK).

Įrenginys yra sudėtingas, brangus, didelių matmenų, kadangi yra būtina žingsniais
55 matuoklę perstumti į tokį pat, kaip jos ilgis, aukštį. Taip pat komparatorius turi turėti žingsninę pavara, kad matuoklės žymės atsidurtų fotokameros fiksavimo (optiniame) židinyje. Taip pat naudojamas labai brangus ir sudėtingas įrenginys - lazerinis interferometras. Dėl to komparatoriaus konstrukcija labai sudėtinga, didelių gabaritų, brangi. Komparatorių aptarnauti reikia aukštos kvalifikacijos specialistų, o procedūra ilgai trunka.

60

Prototipas

Siūlomo išradimo prototipu yra pasirinktas niveliavimo matuoklių kalibravimo įrenginys (patento Nr. LT 5333 B, išradėjai: V. Giniotis, P. Petroškevičius, J. Skeivalas).

65 Išradimo esmė yra ta, kad matuoklei kalibruoti etaloniniu matu yra naudojama skaitmeninė fotokamera (CCD), kalibruojamoji ir etaloninė matuoklė, perstatoma į keletą padėčių lygiagrečiai matuoklių ašims. Ji registruoja abiejų matuoklių brūkšnių vaizdus ir jų tarpusavio padėtį, o kalibravimo rezultatai vertinami pagal matavimus papildoma skale, esančia apdorojimo įrenginyje (pvz., kompiuterio ekrane), nustatant skaitinį skirtumą tarp

70 matuojamosios ir etaloninės skalės brūkšnių padėčių.

Išradimo pagrindinius požymius sudaro tai, kad matavimo įrenginys turi pagrindą, ant kurio pritvirtinta ir vertikalčiai reguliuojama kalibruojamoji matuoklė, kalibravimo metu perslenkama išilgai matuoklės ašies, matuoklės brūkšnių padėties matavimo skaitmeninę fotokamerą ir rezultatų apdorojimo bloką. Įrenginys skiriasi tuo, kad jo pagrinde lygiagrečiai su matuojamąja matuokle yra pritvirtinta etaloninė matuoklė. Sudaryta galimybė ties abiem matuoklėmis slankioti skaitmeninę fotokamerą, abiejų matuoklių vaizdus fotografuoti ir perduoti į kompiuterį. Abiejų matuoklių vaizdo apdorojimo įtaisas turi papildomą skalę ir išilgai tos skalės bei matuoklių vaizdo perslenkamus bisektorius, kurie skirti atskaitymams atlikti tarp etaloninės ir matuojamosios matuoklės brūkšnių padėčių. Etaloninė matuoklė, kaip
80 ir visi pamatiniai etalonai, yra atitinkamai kalibruojama aukštesnio lygio matais. Matuoklėmis kalibruoti naudojant etaloninę matuoklę ir skaitmeninę fotokamerą, perstatomą į keletą padėčių išilgai matuoklių ašies bei fotografuojant abiejų matuoklių brūkšnių vaizdus, kalibravimo rezultatus galima įvertinti papildoma skale. Skaitmeninių fotokamerų skiriamoji geba yra apie 6 milijonai ir daugiau pikselių regėjimo lauke, todėl fotogrametrinis vaizdas
85 kompiuterio ekrane gali būti analizuojamas, saugomas, perduodamas ir vertinamas mikrometriniais dydžiais.

Šis matavimo įrenginys taip pat gali būti naudojamas ir kitiems ilgio matams kalibruoti: rulečių, įvairių liniuočių, skalių ir t. t. Pasiekiamas techninis rezultatas yra šio įrenginio konstrukcijos supaprastinimas ir atpiginimas, konstrukcijos matmenų sumažinimas,
90 informacijos gavimo, saugojimo ir perdavos paprastumas.

Matuoklių kalibravimas yra paremtas etaloninės ir kalibruojamos matuoklių fotografavimu viename kadre. Tuo yra užtikrinama nekintama jų tarpusavio padėtis. Po to tie vaizdai kompiuteryje gali būti sugretinami, orientuojami pagal kalibravimo skalę arba didinami. Matuoklių vaizdų tarpusavio padėtis kalibravimo procese yra nekeičiama.
95 Kompiuteryje yra naudojama papildoma skalė ir bisektoriai, kurie gali judėti išilgai kalibravimo skalės. Nustačius optinę žymę ties matuoklių brūkšnių briaunomis arba ties jų vidine ašimi reikiamu kalibravimo žingsniu, yra registruojami tų brūkšnių padėties skirtumai pagal kalibravimo skalės rodmenis. Taip pasirinktu žingsniu yra kalibruojamas visas matuoklės ilgis nustatant kalibruojamos matuoklės brūkšnių padėties skirtumą nuo etaloninės
100 matuoklės brūkšnių padėties.

Žinomo išradimo – prototipo trūkumas yra tas, kad kalibravimo tikslumą mažina ties matuoklių brūkšnių briaunomis pastatomas bisektorius, o briaunų ryškumas ir kontrastas nėra pakankamai ryškus, todėl vizualinis nustatymas ties briauna nėra tikslus. Dėl to nėra tikslus ir visas kalibravimo procesas. Be to, kalibravimo metu naudojama tokių pat gabaritų etaloninė

- 105 matuoklė ir mechaninė pavara bei įranga kamrai perstatyti. Tai įrenginio konstrukciją daro sudėtingesnę, nes matuoklių ilgis yra 3-4 m, sunku įrenginį derinti ir kalibruoti matuokles, kalibravimui būtina turėti didelę patalpą, įrenginys yra brangus.

3. Išradimo esmė

- 110 Siūlomo išradimo esmė ta, kad minėtame niveliavimo matuoklių kalibravimo įrenginyje (prototipas – patentas Nr. LT 5333 B) etaloninė ir matuojamoji niveliavimo matuoklės yra pakeistos jų fotogrametriniu vaizdu, įvestu į kompiuterio ekraną arba atminties bloką, įrenginys yra papildytas analizuojančiu langu – diafragma, galinčia slankioti abiejų matuoklių fotogrametrinio vaizdo ir skaitmeninės fotokameros (SFK) pikselių bei atskaitymo
115 skalės atžvilgiu, SK pikselių išėjimai analizuojančio lango ribose matricos pavidalu yra sujungti su kompiuterio įvestimi į koreliacijos koeficientų skaičiavimo bloką, pikselių išėjimo matrica sujungta su linijinio poslinkio matavimo skalės rodmenimis, o abiejų matuoklių brūkšnių briaunų padėtis atskaitymo sistemoje yra fiksuojama pagal pasirinktą pikselių apšviestumą atitinkančio koreliacijos koeficiento vertę.

- 120 Niveliavimo matuoklių kalibravimo įrenginys susideda iš skaitmeninės foto kameros, pagrindo, ant kurio patalpintas ir justuojama kalibruojama matuoklė (KM), etaloninės matuoklės (EM), kreipiančiųjų, kuriomis gali judėti matuoklių brūkšnių padėties matavimo prietaisas – skaitmeninė fotokamera (SFK) ir rezultatų apdorojimo bloko. Aprašomas išradimas skiriasi tuo, kad etaloninė ir kalibruojamoji matuoklės yra pakeistos jų
125 fotogrametriniu vaizdu, įvesti į kompiuterio ekraną arba atminties įrenginį, kompiuteryje ant abiejų matuoklių vaizdo, užfiksuoto SFK, patalpintas analizuojantis langas – diafragma, galinti slinkti išilgai matuoklių vaizdų ir sujungta su matuojamąja skale, o matuoklių brūkšnių briaunos padėtis fiksuojama ne vizualiu bisektoriaus užvedimu, bet analizuojančiojo lango pikselių apšviestumo koreliacijos koeficiento verte. Brūkšnių briaunų fotogrametrinio vaizdo
130 padėtis, nustatoma pagal ekstremalius koreliacijos koeficientus, atitinkančius jų padėtį analizuojančiame lange, susietame su matavimo skale, leidžia surasti ilgio tarp jų vertę, kuri atitinka matuoklės brūkšnių paklaidą, t. y., matuoklių kalibravimo paklaidą.

- Nustačius optinę žymę ties matuoklių brūkšnių briaunomis reikiamu kalibravimo žingsniu, gavus skaitmeninį vaizdą su analizuojančia diafragma, yra registruojami tų brūkšnių
135 padėties skirtumai pagal kalibravimo skalės rodmenis. Taip pasirinktu žingsniu kalibruojamas visas matuoklės ilgis, nustatant kalibruojamos matuoklės brūkšnių padėties skirtumą nuo etaloninės matuoklės brūkšnių padėties. Matuoklių vaizdai apdoroti ir rodmenims atskaityti gali būti naudojama viena iš daugelio grafinių programų, pvz., AutoCAD.

- 140 Niveliavimo matuoklių brūkšnių padėties tikslumo kalibravimo įrenginyje naudojama etaloninės ir kalibruojamos matuoklių brūkšnių vaizdų koreliaciją. Tai atstoja prototipe naudotą bisektoriaus pozicionavimą ties briauna ir padidina briaunos padėties nustatymo tikslumą, nes optiniai brūkšnių vaizdai neturi pakankamai kontrastingumo, perėjimas iš šviesaus tarpo į tamsų brūkšnį yra pilkas, todėl negalima tiksliai nustatyti briaunos padėties.
- 145 Koreliacijos koeficientas parodo, kurioje vietoje kartojasi tas pats briaunos kontrasto lygis, todėl tai įgalina visų brūkšnių briaunas matuoti lygiai toje pat kontrastingumo padėtyje.

Niveliavimo matuoklių kalibravimo įrenginyje KM ir EM fotogrametriniai vaizdai lyginami su galimybe juos perstumti vienas kito atžvilgiu rezultatų apdorojimo bloke, pavyzdžiui, asmeninio kompiuterio ekrane. Tai taip pat supaprastina įrenginio konstrukciją,

150 nes vietoj sudėtingų mechaninių justavimo mechanizmų, ši operacija yra atliekama kompiuteriniu būdu.

Fotografuojant etaloninę ir kalibruojamąją matuokles, greta jų galima įmontuoti papildomą etaloninę milimetrinę skalę (arba kontrolei analoginę matuoklę), kurią naudodami apdoroti skaitmeninio vaizdo rezultatus kompiuteryje, galėtume išilgai skalių atlikti

155 atskaitymus tarp etaloninės milimetrinės skalės, etaloninės ir kalibruojamosios matuoklės brūkšnių padėčių. Skalės padalos nuskaitomos rodykle, sujungta su analizuojančiuoju langu – diafragma. Vietoj skalės galima naudoti ir kompiuterinės ilgio atskaitos priemones, pavyzdžiui, AutoCad'o arb kitos grafinio programinio aprūpinimo koordinatinį tinklėlį.

160 4. Brėžinių figūrų aprašas

Principinė kalibravimo įrenginio schema yra pavaizduota brėžinyje Fig.1. Fig.1 parodytos dalys: 1 - kalibruojamos matuoklės fotogrametrinis vaizdas, 2 - etaloninės matuoklės fotogrametrinis vaizdas, 3 - analizuojanti diafragma, 4 – fotokameros pikselių matrica, 5 – atskaitymo skalė, 6 – atskaitymo indikatorinė rodyklė.

- 165 Kompiuterio ekrane projektuojamas kalibruojamos matuoklės fotogrametrinis vaizdas 1 ir lygiagrečiai jam - etaloninės matuoklės fotogrametrinis vaizdas 2. Ekrane jie pastatomi lygiagrečiai ir gali būti perstumti vienas kito atžvilgiu, sutapatinant jų pradžias. To galima ir neatlikti, nes pradinė jų tarpusavio padėtis gali būti įvertinta koordinačių vertėmis matavimo metu. Ant abiejų matuoklių vaizdų uždėta analizuojanti diafragma 3, o išvardintų elementų
- 170 apačioje yra parodyta fotokameros pikselių matrica 4. Lygiagrečiai matuoklių vaizdai yra parodyta nejudanti atskaitymo skalė 5, kurios atžvilgiu gali slankioti atskaitymo indikatorinė rodyklė 6, nejudamai sujungta su analizuojančia diafragma 3.

Pradinėje padėtyje perslenkant analizuojančią diafragmą 3 su rodykle 6, yra atskaitoma pradinė matuoklės brūkšnių padėtis. Tai daroma diafragmą 3 pastatant ant pradinių brūkšnių

- 175 ir kompiuterio koreliacijos bloke fiksuojant tam tikrą koreliacijos koeficiento vertę. Toliau pasirinktu žingsniu diafragma 3 perstumiama išilgai matuoklių vaizdo, diafragmos padėtis patikslinama ją perstumiant iki tokios padėties ties matuojamąja matuokle 1, kai koreliacijos koeficientas bus lygus pradiniam pasirinktam koreliacijos koeficientui. Užfiksuojama diafragmos koordinacinė padėtis pagal skalę 5 – rodyklę 6 arba kompiuterio grafinę
- 180 koordinačių sistemą. Tada tas pats padaroma su etaloniniu vaizdu 2, vėl patikslinant diafragmos padėtį koordinacinėje sistemoje iki pasirinktosios koreliacijos koeficiento vertės, tik dabar ją fiksuojant iš vaizdo 2. Gautųjų verčių skirtumas rodo dviejų matuoklių brūkšnių padėčių linijinę paklaidą. Procedūra kartojama iki viso kalibruojamųjų matuoklių ilgio.

Išradimo apibrėžtis

Niveliavimo matuoklių brūkšnių padėties tikslumo kalibravimo įrenginys

1. Niveliavimo matuoklių kalibravimo įrenginys, susidedantis iš pagrindo, ant kurio padėta ir justuojama kalibruojamoji matuoklė (KM), etaloninio mato (EM), kreipiančiųjų, kuriomis gali judėti matuoklių brūkšnių padėties matavimo prietaisas – skaitmeninė fotokamera (SFK) ir rezultatų apdorojimo bloko, **b e s i s k i r i a n t i s** tuo, kad siekiant supaprastinti kalibravimo įrenginį ir padidinti jo tikslumą, etaloninė ir matuojamoji niveliavimo matuoklės yra pakeistos jų fotogrametriniu vaizdu, įvestu į kompiuterio ekraną arba atminties bloką, įrenginys turi analizuojantį langą – diafragmą, galinčią slankioti abiejų matuoklių fotogrametrinio vaizdo ir skaitmeninės fotokameros pikselių bei atskaitymo skalės atžvilgiu, skaitmeninės fotokameros pikselių išėjimai analizuojančio lango ribose matricos pavidalu yra sujungti su kompiuterio įvestimi į koreliacijos koeficientų skaičiavimo bloką.

2. Niveliavimo matuoklių kalibravimo įrenginys pagal 1 punktą **b e s i s k i r i a n t i s** tuo, kad abiejų matuoklių brūkšnių padėtis įvertinimo metu turi vienodą koreliacijos koeficiento vertę.

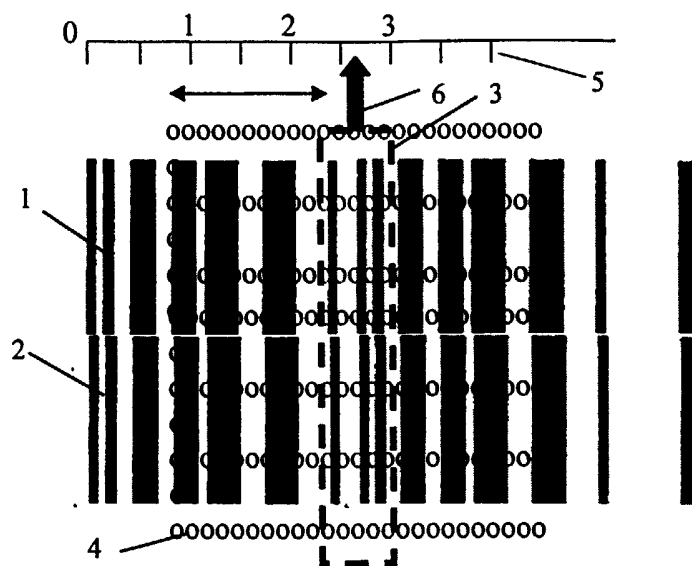


Fig. 1