

TRIANGULIACIJOS IR GPS TINKLŲ ANALIZĖ

Dalia Kiverienė, Vincas Zakarauskas

Kauno kolegija

Anotacija. Straipsnyje trumpai apžvelgiama Lietuvos teritorijos trianguliacijos darbų eiga ir Lietuvos GPS tinklas. Pateiktas 1963 m. koordinacinių sistemos perstūmimas pagal 1942 metų koordinacinių sistemą. Pridedamas Kauno apskrities trianguliacijos punktų, perskaičiuotų iš 1942 m. koordinacinių sistemos į LKS94 koordinacinių sistemą, koordinacinių katalogo fragmentas ir katalogo paaiškinimas. Trianguliacijos ir GPS tinklo analizei atlikti sudarytas bendras trianguliacijos punktų perskaičiuotų į LKS94 koordinacinių sistemą koordinacinių ir GPS antrosios klasės koordinacinių katalogas. Bendrą katalogą sudaro 110 punktų koordinatės ir aukščiai. Atlikus bendro koordinacinių katalogo duomenų apdorojimą nustatyta, kad 1942 metų koordinacinių sistemos trianguliacijos punktų planimetrinė padėtis nuo tų pačių punktų padėties, nustatytos GPS metodais, apie pusės punktų planimetrinė padėtis viršija leistinąją reikšmę, nustatytą atliekant nekilnojamojo turto kadastro darbus.

Raktažodžiai: trianguliacija, elipsoidas, planimetrinis tinklas, poligonometrija, altitudė.

Įvadas

1990 metais atkūrus Lietuvos nepriklausomybę, pradėta žemės reforma ir žemės privatizavimas. Žemės reformos metu numatyta grąžinti neteisėtai nusavintą žemę, perduodant ar suteikiant neatlygintinai nuosavybėn bei perduodant pagedaujantiems ją pirkti, išnuomojant ar suteikiant naudotis valstybinę žemę. Planinė žemės reformos medžiaga dažniausiai buvo sudaroma pagal sąlyginę arba 1963 metų koordinacinių sistemą. Sudarius Lietuvos teritorijos GPS tinklus, buvo patikslinta su GPS tinklu susietų trianguliacijos ir poligonometrinių punktų planimetrinė padėtis. Įvedus Lietuvos koordinacinių sistemą LKS 94, taškų koordinatės, nustatytos pagal kitą koordinacinių sistemą, privalo būti perskaičiuojamos pagal LKS 94 sistemą.

Problema - atlikus koordinacinių perskaičiavimą, rezultatai, gauti GPS matavimų ir koordinacinių perskaičiavimo metodu, nėra identiški. Nuo koordinacinių paklaidų dydžių priklauso galimi tolimesni taškų padėties nustatymo sprendimai.

Temos aktualumas – taškų koordinacinių perskaičiavimai dar nėra baigti, todėl svarbu nesutapdinti taškų koordinacinių nustatymo paklaidos su trianguliacijos tinklų tikslumu. Tyrime siekiama nustatyti identiškių trianguliacijos ir GPS tinklų punktų koordinacinių paklaidas.

Tyrimo tikslas – nustatyti trianguliacijos ir GPS tinklų punktų padėties paklaidų dydžius.

Tyrimo objektas – Lietuvos Respublikos Kauno apskritis.

Tyrimo uždaviniai: parinkti trianguliacijos ir GPS tinklų katalogus, įvertinti trianguliacijos punktų koordinacinių nustatymo tikslumą ir dydžius, duomenis pateikti vaizdiniu ir skaitmeniniu pavidalu.

Duomenys apdoroti panaudojant matematinės statistikos analizę.

Lietuvos teritorijos trianguliacijos tinklai

1816 metai – Lietuvos teritorijos trianguliacijos tinklo sudarymo pradžia. Pirmuosius trianguliacijos darbus organizavo ir vykdė estas Karolis Teneris (1783-1859). K. Tenerio suprojektuoto 1 eilės trianguliacijos tinklą sudarė 119 trikampių, jungiančių 98 taškus. Trikampių kraštinių vidutinis ilgis apie 25 km. Trianguliacijos tinklas sudarė tankų ir tikslų geodezinį pagrindą, reikalingą pirmiesiems Lietuvos teritorijos topografiniams žemėlapiams sudaryti. Matavimai truko 6 metus. 1 paveiksle K. Tenerio sudaryto trianguliacijos tinklo schema.

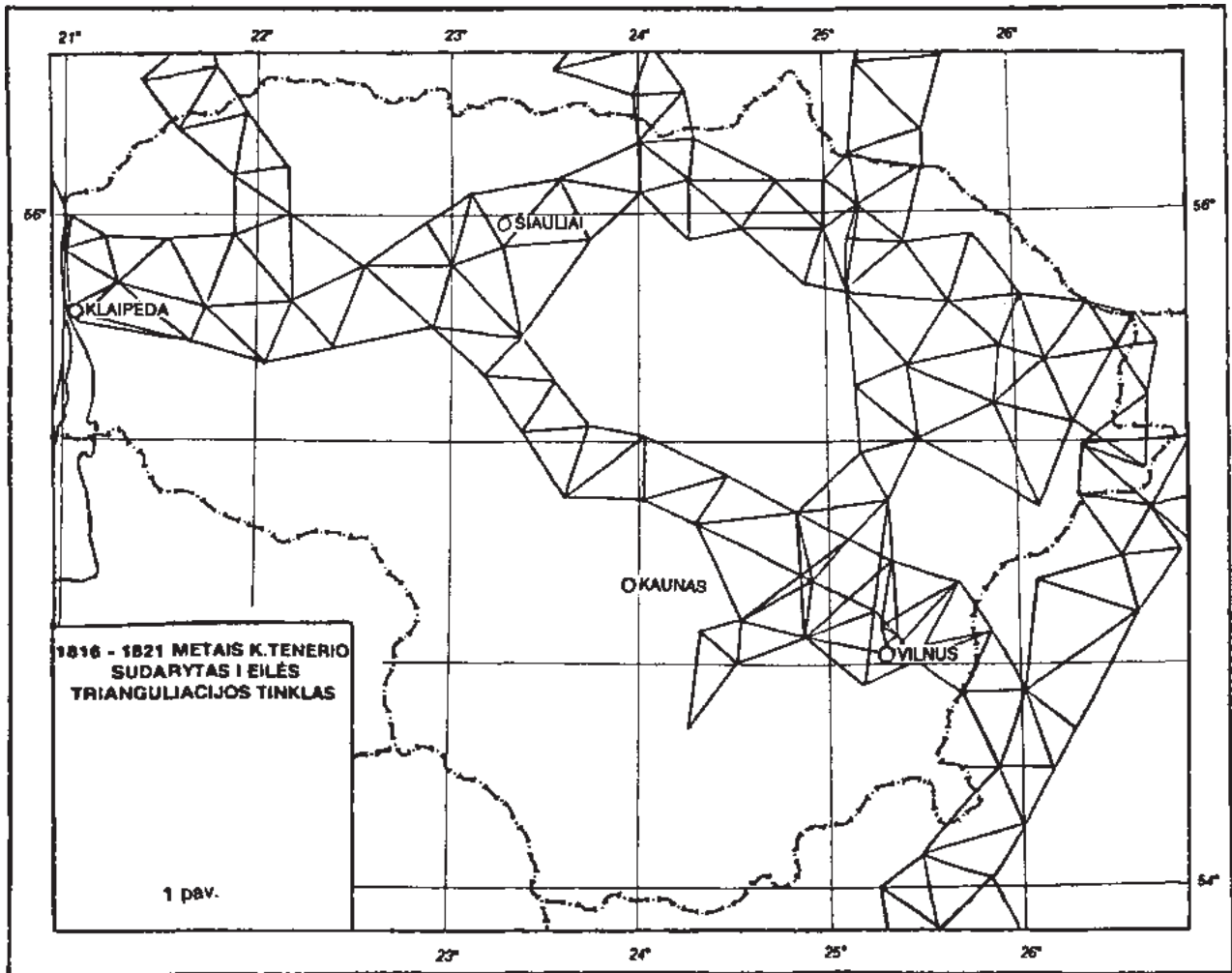
Po Pirmojo pasaulinio karo Nepriklausomai Lietuvai reikėjo sudaryti naują trianguliacijos tinklą, nes po Rusijos ir Vokietijos okupacijos trianguliacijos tinklai turėjo skirtingus pradinius punktus, skirtingą orientavimą, trianguliacija suprojektuota į skirtingo elipsoido paviršių.

1924 metais aštuonių valstybių Danijos, Estijos, Latvijos, Lenkijos, Lietuvos, Norvegijos, Suomijos, Švedijos ir Vokietijos atstovai sutarė sudaryti 2500 km ilgios Baltijos trianguliacijos tinklą. Lietuvos 1 eilės trianguliacijos tinklo projektą 1926 m. parengė pulk. Antanas Krikščiūnas (1891-1942). Trianguliacijos darbams vadovavo ir juos atliko Žemės ūkio ministerijos Žemės tvarkymo departamento Geodezijos skyriaus vadovas inž. Medardas Ratautas (1887- 1971), inž. A. Kočegūra, maj. T. Šurna ir kiti Lietuvos trianguliacijos darbus atliko iki 1940 m. Po Pirmojo pasaulinio karo Nepriklausomai Lietuvai reikėjo sudaryti naują trianguliacijos tinklą, nes po Rusijos ir Vokietijos okupacijos trianguliacijos tinklai turėjo skirtingus pradinius punktus, skirtingą orientavimą, trianguliacija suprojektuota į skirtingo elipsoido paviršių [1].

1924 metais aštuonių valstybių Danijos, Estijos, Latvijos, Lenkijos, Lietuvos, Norvegijos,

Suomijos, Švedijos ir Vokietijos atstovai sutarė sudaryti 2500 km ilgios Baltijos trianguliacijos tinklą. Lietuvos 1 eilės trianguliacijos tinklo projektą 1926 m. parengė pulk. Antanas Krikščiūnas (1891-1942). Trianguliacijos darbams vadova-

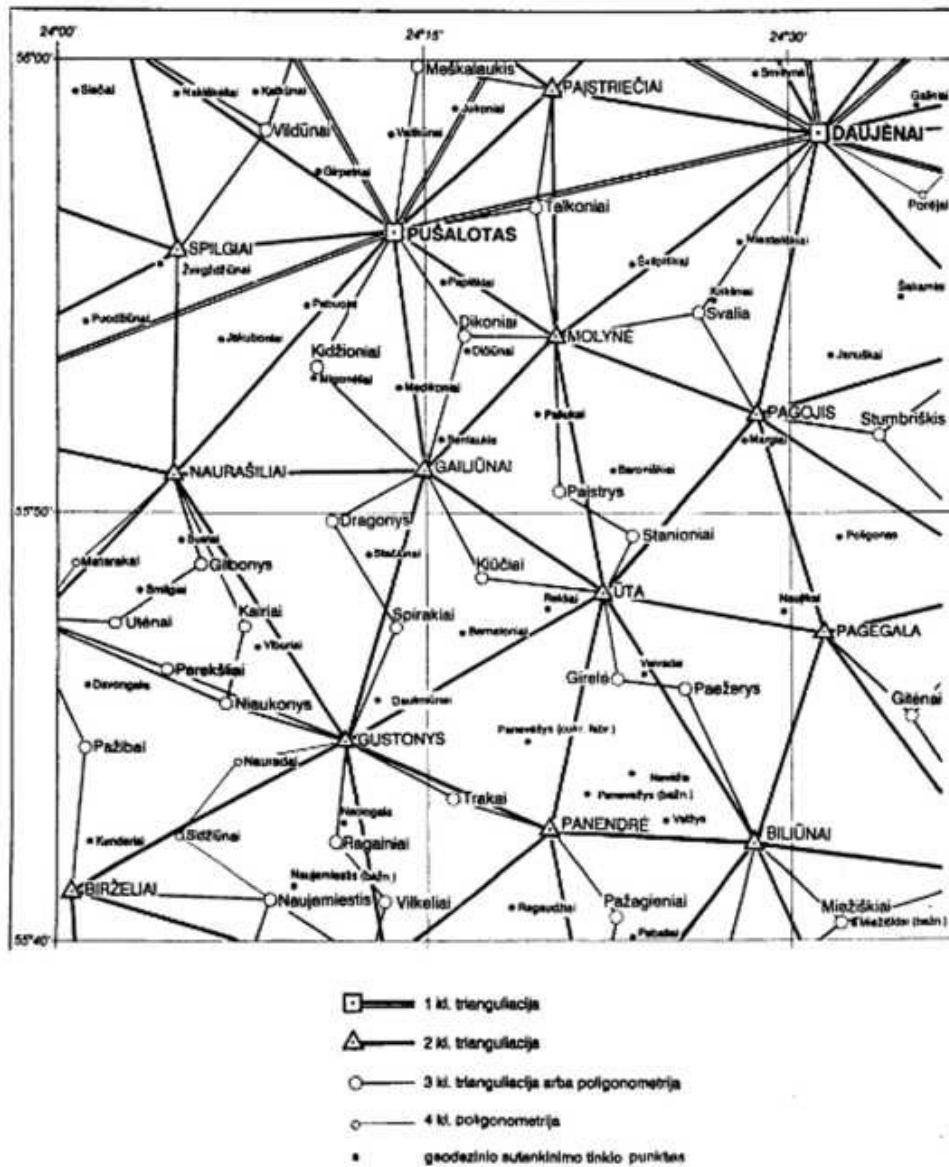
vo ir juos atliko Žemės ūkio ministerijos Žemės tvarkymo departamento Geodezijos skyriaus vadovas inž. Medardas Ratautas (1887- 1971), inž. A. Kočegūra, maj. T. Šurna ir kiti Lietuvos trianguliacijos darbus atliko iki 1940 m.



1 pav. K. Tenerio sudarytas 1 eilės trianguliacijos tinklas [1]

Sovietams okupavus Lietuvą, sovietų kariškiai iki 1949 metų sudarė 2, 3, 4 klasės trianguliacijos tinklus. Tinklus sudarė daugiau kaip 2000 punktų, kurių koordinacių planimetrinės padėties paklaidos buvo iki 1 m. Rengiantis kartografuoti kraštą 1:5 000 masteliu, reikėjo sudaryti naują, žymiai tiksles-

nį 2 ir žemesnių klasių trianguliacijos tinklą, todėl 1959 m. pradėtas 2, 3 ir 4 klasės tikslesnis trianguliacijos tinklas. Darbai baigti 1977 m. Sudarytų tinklų gretimų punktų jungiančių linijų paklaidos neviršijo 0,1 m.



2 pav. Pokario Lietuvos planimetrinio tinklo schemas fragmentas [1]

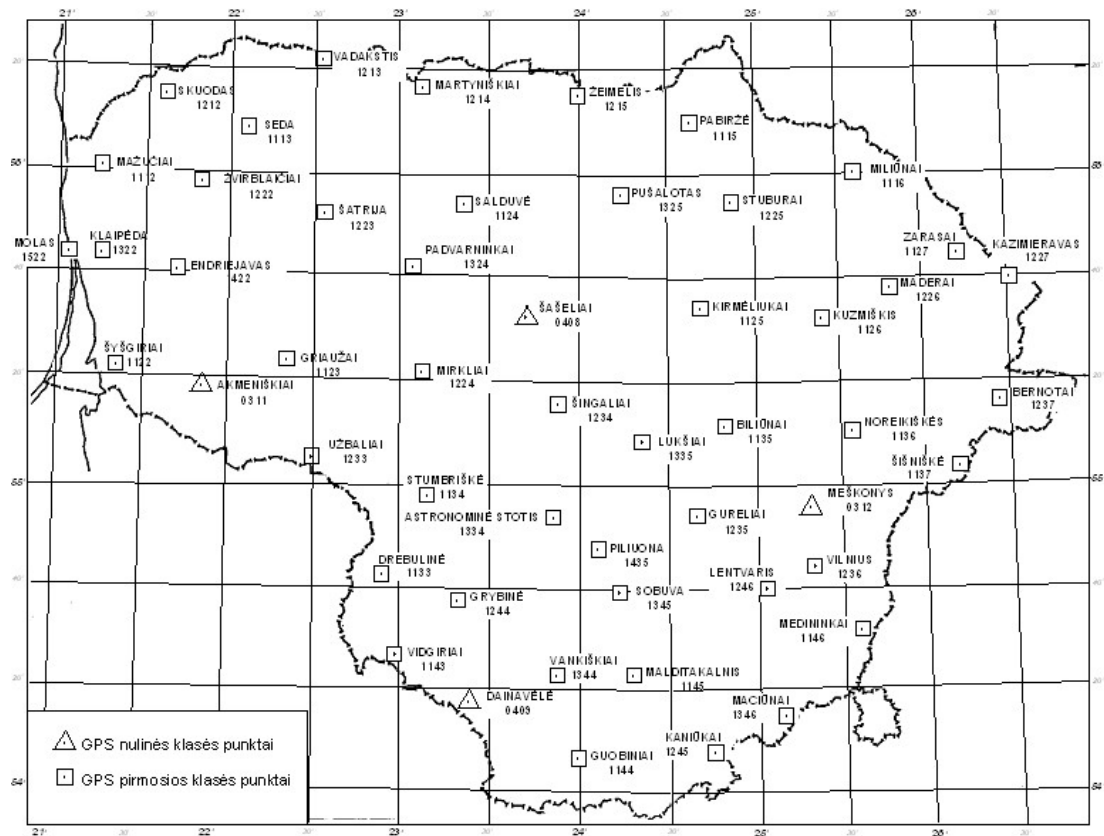
1990 metais, atkūrus Lietuvos nepriklausomybę, trianguliacijos ir miestų poliginometrijos tinklai savo tikslumu netenkino naujų poreikių reikalavimų ir neturėjo ryšio su vakarų valstybių koordinacių sistemomis.

1992 metais pradėti pirmieji GPS matavimai Lietuvoje pagal EUREF POL 92 programą. Matavimus atliko Geodezijos institutas kartu su Lenkijos kosminių tyrimų centro specialistais. Lietuvos GPS nulinės klasės tinklas buvo susietas su bendru Europos tinklu EUREF 89. Į Lietuvą perduota vieninga Europos koordinacių sistema ETRS 89 (angl. *European Terrestrial Reference System*, 1989 m.), kuri yra pasaulinės koordinacių sistemos WGS 84 (angl. *World Geodetic System*, 1984 m.), naudojamos GPS, realizacija Europoje [1].



3 pav. Trianguliacijos punktas

Lietuvos valstybinį GPS pirmosios klasės tinklą 1992-1993 metais taip pat sudarė Geodezijos institutas. Tinklas jungia 52 punktus, tolygiai išdėstytus šalies teritorijoje. Vidutinis atstumas tarp punktų - 40 kilometrų. Palyginus K. Tenerio nustatyta platumą skiriasi 4,5" nuo 1992 m. nustatytų GPS nulinės klasės tinklo matavimų rezultatų.



4 pav. GPS nulinės ir pirmosios klasės punktų išdėstymo schema [8]

1996 metais išleistas Lietuvos Respublikos valstybinės žemėtvarkos ir geodezijos tarnybos prie Žemės ūkio ministerijos įsakymas dėl „Valstybinės koordinacinių sistemų įvedimo tvarkos“. Jis nurodo nuo 1996 m. vasario 1 d. Lietuvos teritorijoje naudoti tik 1994 m. Lietuvos koordinacinių sistemą (LKS-94), integruotą į bendrą Europos koordinacinių sistemą. Įsakymas taip pat nurodo, kad nuo 1996 m. vasario 1 d. atliekant geodezinius matavimus ir su-

darant naujus žemėlapius nebenaudoti 1942 m. koordinacinių sistemų ir jos varianto 1963 m. koordinacinių sistemų.

To paties geodezinio punkto nenaudotinių 1942 m. ir 1963 m. stačiakampių koordinacinių žymų skirtumai yra tik kartografinėje Gauso–Kriegerio projekcijoje ir įvesti karinių objektų užslaptinimui (1963 m. koordinacinių sistemų perstūmimas pateiktas 1 lentelėje).

1 lentelė. 1963 metų sistemos koordinacinių perstūmimas

Taško Nr.	1942 m. sistemos koordinatės		Geodezinės koordinatės L B	1963 m. Gauso Kriegerio koordinatės		Δx Δy
	Katalogo y	Tikrosios y		Tikrosios y	Katalogo y	
4 zona, $L_0 = 21^\circ$						
1.	6224082,62	6224082,62	560807,7627	6223762,45	6212704,82	11057,63
	4552787,20	52787,20	215056,4615	-6278,65	243721,35	-250000,00
2.	6228930,63	6228930,63	561024,0633	6228089,71	6217032,08	11057,63
	4590548,87	90548,87	222728,2217	31543,90	281543,90	-250000,00
3.	6140393,85	6140393,85	552205,1128	6138956,56	6127898,93	11057,63
	4635443,44	135443,44	230810,4530	75215,03	325215,03	-250000,00
5 zona, $L_0 = 27^\circ$						
4.	6198291,67	6198291,67	555222,8708	6195048,69	6183991,06	11057,63
	4680417,01	180417,01	235257,3335	-66816,38	1183183,62	-1250000,00

1994 m. Lietuvos koordinacių sistemos geodezinio pagrindo punkto erdvinių Dekarto koordinacių skaičiavimas iš to punkto 1942 m. erdvinių Dekarto koordinacių:

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}_{94} - \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}_{42} + \begin{pmatrix} -40,595 \\ -18,550 \\ -69,339 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} -4,3 \cdot 10^{-6} & 2'',508 & 2'',611 \\ -2'',508 & -4,3 \cdot 10^{-6} & 1'',832 \\ -2'',611 & -1'',832 & -4,3 \cdot 10^{-6} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}_{42}$$

1994 m. birželio 11 d. ETWG (*EUREF Technical Working Group*) suteikė visiems EUREF BAL 92 matavimams, tarp jų ir keturiems Lietuvos GPS išėties punktams C (5 cm) tikslumą. Visų kitų Lietuvos teritorijos GPS punktų koordinatės yra išvestinės. GPS punktų išvestinių koordinacių katalogo fragmentas pateiktas 4 paveiksle.

Siame kataloge pateiktos kiekvieno punkto LKS 94 ir 1942 metų sistemos koordinatės. Daugumos punktų LKS 94 koordinatės gautos perskaičius 1942 metų sistemos koordinates, naudojant geometrinio ryšio tarp šių sistemų formules bei parametrus. Kataloge paryškintu šriftu išskirti tie punktai, kurių LKS 94 koordinatės nustatytos GPS prietaisais. Šios į katalogą įrašytos koordinatės dėl nemažų 1942 metų sistemos koordinacių paklaidų ne visai sutampa su perskaičiuotomis. Šie nesutapimai sudaro kelis decimetrus, o išimtiniais atvejais siekia 1 m. Į šį katalogą pateko nedidelė GPS punktų dalis - tik sutampantieji su krašto trianguliacijos punktais. Informacija apie kitus Lietuvos teritorijoje GPS prietaisais iki 1995 m. pradžios koordinuotus punktus pateikta anksčiau sudarytuose kataloguose.

Šio koordinacių katalogo turinio didžiąją dalį sudaro informacija apie Lietuvos teritorijos geodezinio pagrindo punktus, pateiktus Sovietų armijos Karo topografijos tarnybos 1965 - 1985 metais išleisto katalogo tomuose. Panaudotame pirminiame kataloge aprašyti trianguliacijos 1, 2, 3 ir 4 klasių punktai, tų pačių klasių sutankinimo tinklų punktai, kai kurių miestų trianguliacijos bei poligonometrijos punktai ir specialiųjų kariškų geodezinių tinklų punktai.

Koordinacių katalogo struktūra

Visa informacija apie geodezinio pagrindo punktą pateikiama vienoje šio katalogo eilutėje, susidedančioje iš 12 skilčių.

Pirmojoje skiltyje įrašytas punkto eilės numeris katalogo skyriuje. Šis numeris pažymėtas ir geodezinio pagrindo schemoje, pridėtoje prie katalogo. Laikytasi punktų sekos pagal mažėjančią abscisės reikšmę pirminiuose kataloguose.

Antrojoje skiltyje duotas punkto kodinis pavadinimas, sudarytas pagal žemiau aprašytas taisykles.

Trečioji skiltis skirta punkto pavadinimui arba jo numeriui, įrašytam pirminiame kataloge. Įrašant pavadinimus iš pirminių katalogų, sudarytų rusų kalba, iškraipytas ir lietuvių kalbai nepriimtinas jų formos stengtasi sulietuvintos.

Ketvirtojoje skiltyje duota punkto koordinavimo tikslumo klasė, nurodyta pirminiuose kataloguose. Krašto trianguliacijos punktai suskirstyti į keturias tikslumo klases, pažymėtas arabiškais skaitmenimis 1, 2, 3 ir 4. Analogiškai pažymėti miestų trianguliacijos punktai, tik su priedašu "mst.". Sutankinimo tinklų punktai taip pat suskirstyti į keturias klases, pažymėtas romėniškais skaitmenimis I, II, III ir IV. Be paminėtųjų dar sutinkami specialūs geodeziniai tinklai, kurių punktai pažymėti raidėmis SGT. Į katalogą įrašytieji ketvirtosios klasės poligonometrijos punktai charakterizuojami skaičiumi 4, o pirmosios ir antrosios eilių punktai - skaičiais 1 ir 2 su priedašu „eilė“.

Penktojoje katalogo skiltyje pažymėtas ženklų tipas skaičiais arba raidėmis. Prie skaičiaus esantis priedašas „as“ rodo, jog ženklas turi atpažinimo stulpelį.

Į šeštąją ir septintąją skiltis įrašytos LKS 94 koordinatės. Daugumos punktų šios koordinatės gautos perskaičius 1942 m. sistemos koordinates, todėl perskaičiuotų koordinacių tikslumas derintas su pradinių koordinacių tikslumu.

Aštuntojoje skiltyje duotos punktų 1977 m. Baltijos aukščių sistemos altitudės, kurių dauguma nustatyta trigonometrijuo niveliavimu. Geometrijuo niveliavimu nustatytos altitudės pabrauktos horizontaliu brūkšniu. Priedašu „(c)“ nurodyta, jog niveliuotas viršutinis centras. Geometrijuo niveliavimu niveliuota dauguma poligonometrijos punktų. Pastarųjų altitudės įrašytos milimetro tikslumu.

Devintojoje ir dešimtojoje katalogo skiltyse pateiktos punktų 1942 m. sistemos koordinatės.

Vienoliktojoje skiltyje nurodyta, iš kokio katalogo arba jo tomo imta pradinė informacija. Kadangi Sovietų armijos išleisto katalogo tomai sudaryti plotams, apribotiems 1:200 000 mastelio žemėlapiu rėmeliais, minėtoje skiltyje įrašyta šio mastelio žemėlapiu lapo nomenklatura. Pavienių objektų katalogai įvardinti šių objektų pavadinimais.

Paskutinėje – dvyliktojoje skiltyje įrašytas punkto numeris, duotas pirminiame kataloge. Šis nume-

Geodezinių punktų koordinacijų katalogo 5 skyrius, 1994 m.

Eilės Nr.	Kodas*	Punkto pavadinimas	Klasė	Ženklo tipas	LKS 94 koordinatės m		Normalinis aukštis** m	1942 m. sistemos koordinatės m		Pirminis katalogas	Eil.Nr. pirmin. kataloge
					x	y		x	y		
1:100 000 mastelio žemėlapis lapas 40-49/40-49											
1	44T-0002	Papauškėlis	1	41	6149453.57	403270.53	192.1	6150735.23	4593097.47	N-34-V	91
2	44S-0001	Patulė		2as	6145887.424	400896.594	153.7	6147069.32	4590879.09	N-34-V	93
3	44T21518	Batačiai	2	1as	6136400.19	404605.45	69.5(c.)	6137748.92	4594994.10	N-34-V	95
4	44T-0003	Bardžiai	3	53as	6149944.69	410821.91	160.0	6151551.76	4600622.25	N-34-V	121
5	44T-0004	Kryžkalnis	3	39as	6148801.23	417217.16	166.9	6150684.97	4607062.45	N-34-V	122
6	44T-0005	Angladegiai	3	53as	6145144.87	407445.77	137.7	6146609.72	4597455.51	N-34-V	123
7	44T-0006	Būgai	2	53as	6142528.72	412399.41	124.4	6144208.97	4602518.46	N-34-V	124
8	44T-0007	Adakavas	3	53as	6142097.68	415910.89	110.4	6143929.59	4606046.12	N-34-V	125
9	44T-0008	Santakai	4	1as	6139977.75	420234.55	72.1	6141997.43	4610458.29	N-34-V	126
10	44T-0009	Pratvalkai	4	53as	6135419.86	419907.84	61.4	6137428.44	4610328.18	N-34-V	127
11	44T-0010	Lybiškiai	4	53as	6134515.82	415934.23	63.5	6136353.84	4606396.14	N-34-V	128
12	44T-0011	Skroblynė	3	53as	6147279.73	436136.36	141.5	6149980.54	4626035.44	N-34-V	130
13	44T-0012	Rimkiškiai	2	39as	6145503.21	432888.32	144.2	6148064.97	4622865.94	N-34-V	131
14	44T29369	Ižmiškiai	2	1as	6141377.26	425020.38	93.4(c.)	6143602.31	4615180.73	N-34-V	132
15	44S-0013	Palieptai		53as	6139144.271	433729.658	110.6	6141745.78	4623981.27	N-34-V	133
16	44T-0014	Vailabai	4	53as	6139126.84	424831.75	78.9	6141345.19	4615089.21	N-34-V	134
17	44T28419	Verėpai	4	1as	6135049.55	423475.53	58.5(c.)	6137212.05	4613909.52	N-34-V	135
18	44T-0015	Upyna	III	53as	6146647.22	400447.33	164.2	6147809.20	4590397.40	N-34-V	229

4 pav. Geodezinių punktų koordinacijų katalogo, 1994 m. fragmentas [4]

*Pirmieji du kodo simboliai nurodo LKS 94 1:100 000 mastelio žemėlapis lapą, trečiasis simbolis - punkto koordinacijų nustatymo metodą, kiti simboliai - markės ar punkto senąjį numerį.

**1977 m. Baltijos aukščių sistema

ris taip pat pažymėtas geodezinio pagrindo schemoje šalia pagrindinio numerio, duoto pirmojoje skiltyje [4].

Geodezinio pagrindo schemas

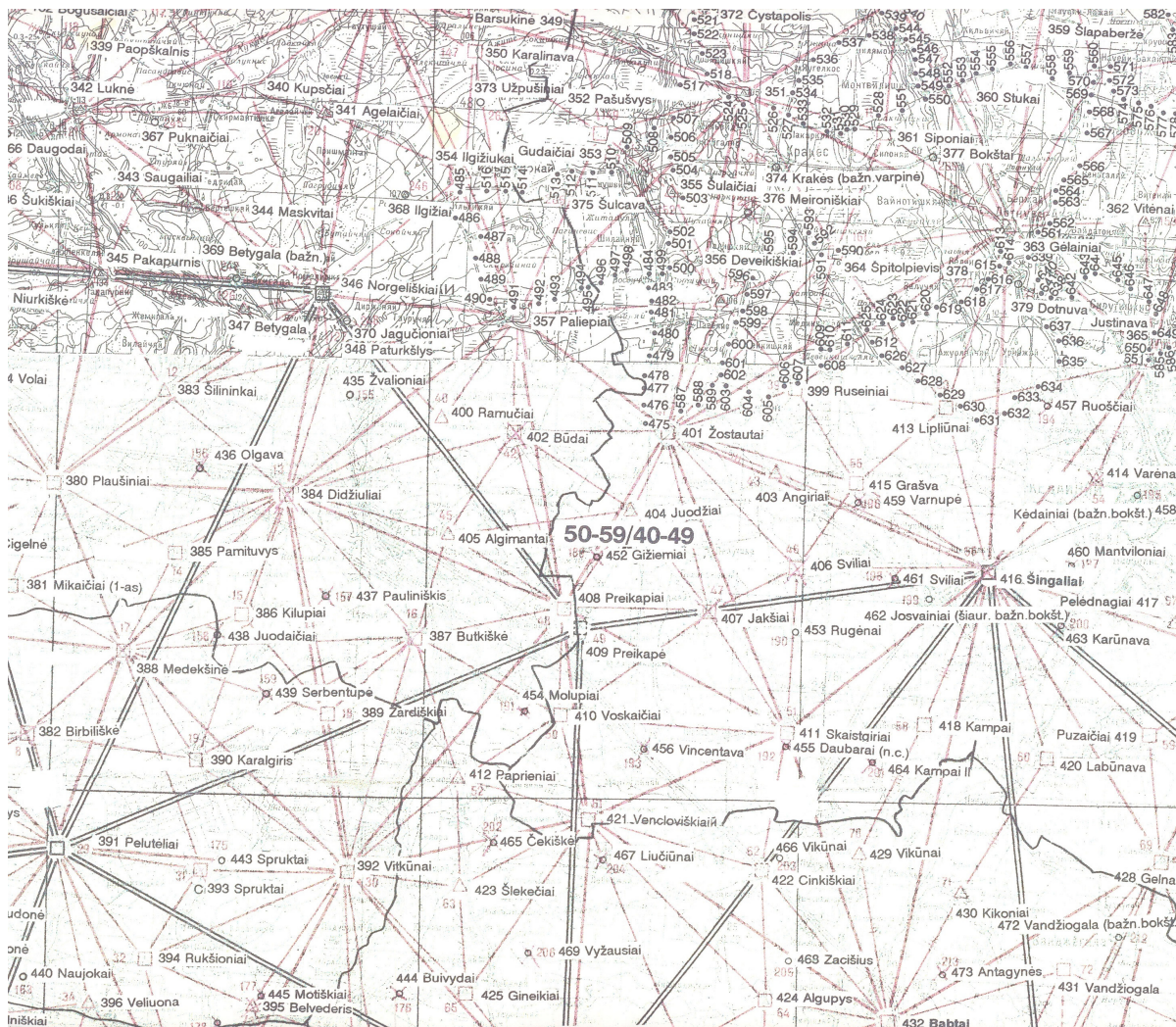
Kiekvienam katalogo skyriui atskirame lape 1:200 000 masteliu sudaryta geodezinio pagrindo schema. Ją sudarant panaudotos prie pirminių katalogų pridėtų to paties mastelio schemų reprodukcijos.

Sudarytoje schemoje likę nepakeisti geodezinio pagrindo punktų sutartiniai ženklai bei geometrinio ryšio su gretimais punktais žymėjimai, buvę pradinėje medžiagoje. Schemos turinys papildytas naujojo katalogo punktų numeriais. Senieji ir naujieji punktų numeriai išskirti spalvomis. Rusiškėmis raidėmis pradinėje medžiagoje įrašytieji trianguliacijos punktų pavadinimai schemoje pakeisti lietuviškais.

Schemoje pažymėti pastaraisiais metais pavieniuose objektuose koordinuoti trikampinės ir poligonometrijos punktai. Esant labai tankiam poligonometrijos punktų tinklui, žymėti tik punktų sutartiniai ženklai ir jų numeriai naujajame kataloge.

GPS matavimais koordinuoti punktai schemoje išskirti stambesnio šrifto pavadinimais.

Schemoje pažymėtos LKS 94 stačiakampių koordinacių tinklo linijos, sutampančios su 1:100 000 žemėlapių lapų rėmeliais (regiono ribomis). Įrašyta minėto mastelio žemėlapių lapų nomenklatūra. Už schemos rėmelių pažymėta gretimų lapų nomenklatūra. Be to, pažymėta, kuriose vietose schemos rėmelius kerta 1942 m. koordinacių sistemoje sudarytų 1:200 000 mastelio žemėlapių lapų rėmeliai ir kai kurios koordinacių tinklo linijos, įrašyta šių lapų nomenklatūra [4].



5 pav. Planimetrinio tinklo schemas fragmentas

Planimetrinio tinklo schemas fragmente įbrėžti GPS tinklo punktai ir dalis poligonometrinio tinklo.

GPS punktų kodavimas, sudarant GPS tinklus

GPS tinklo punkto kodą sudaro trys dalys ir turi pavidalą RRXNNNNN:

RR - regiono numeris (skaitmenys):

X - punkto šifras (raidė);

NNNNN - punkto identifikatorius - numeris regione (skaitmenys ir raidės).

Pirmoji kodo dalis - regiono numeris, sudaromas aukščiau aprašytu būdu. Juo nusakoma, kurioje krašto dalyje yra punktas.

Antroji kodo dalis – šifras. Juo nurodoma punkto paskirtis arba kokios rūšies tinklui priklauso šis punktas. Šifru išskiriamos penkios punktų grupės:

S - GPS punktas,

T - krašto trianguliacijos arba krašto poligonometrijos punktas,

P - vietinio geodezinio pagrindo punktas,

N - niveliacijos reperis,

G - gravimetrinis punktas.

Pagal trečiąją kodo dalį - identifikatorių išskiriamas konkretus punktas regione. Identifikatoriaus apimtis - penkios pozicijos. Juo gali būti ženklo markėje esantis numeris arba punkto numeris, įrašytas jau sudarytame kataloge, arba bet koks skaičių, raidžių bei kitokių simbolių rinkinys.

Jei, sudarant identifikatorių, susiduriama su ta-

me pačiame regione besikartojančiu penkiaženkliai punkto numeriu, jo paskutinio skaitmens vietoje rašoma lotyniško alfabeto mažoji raidė, prisilaikant šių atitikmenų:

0 - a; 1 - b; 2 - c; 3 - d; 4 - e;

5 - f; 6 - g; 7 - h; 8 - i; 9 - j.

Pvz.: pasikartojus numeriui 36897, šio punkto identifikatorius bus 3689h.

Jei penkiaženklis punkto numeris kartojasi trečią kartą, mažąja raide keičiamas priešpaskutinis skaitmuo ir t. t.

Kai punkto numeris yra keturženklis, triženklis, dviženklis ar vienaženklis skaičius, šiuo numeriu užimamos paskutinės iš penkių identifikatorių skirtų pozicijų, o į prieš skaičių atsiradusias laisvas pozicijas rašomi brūkšneliai. Jei punktų numeriai regione kartojasi, pirmose pozicijose žymima vienu brūkšneliu mažiau, o paskutinėje rašoma didžioji lotyniško alfabeto raidė. Sudarant numerių visai neturinčių punktų identifikatorius, jie numeruojami regiono ribose, laikantis skaičių sekos nuo 0001 iki 9999.

Trianguliacijos ir GPS tinklų punktų padėties analizei panaudoti Kauno, Kėdainių, Kaišiadorių, Jonavos, Prienų ir Raseinių rajonų koordinacių katalogų duomenys.

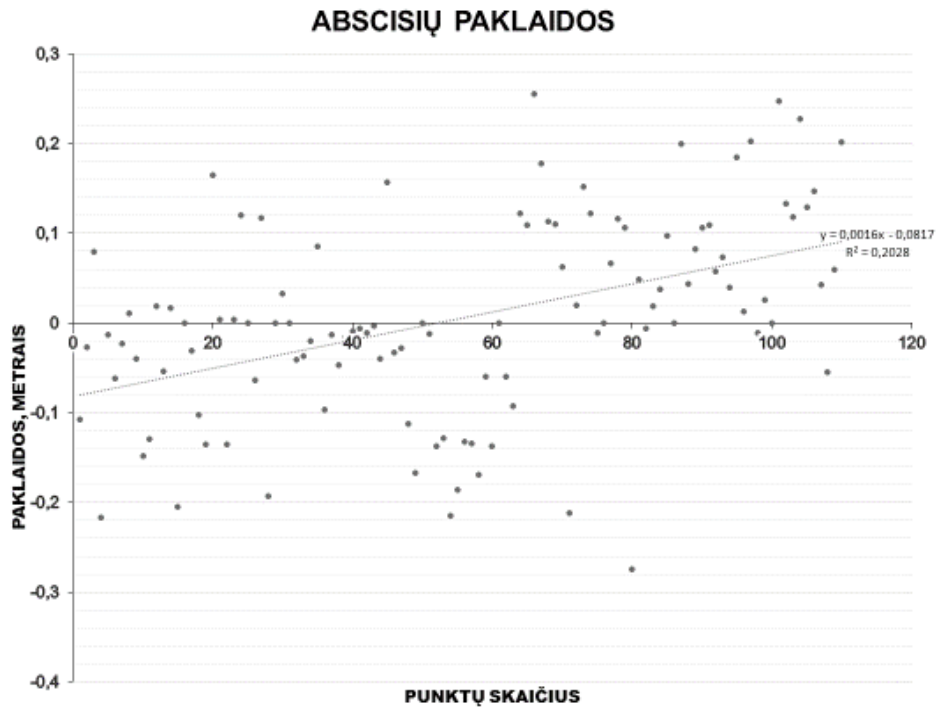
13	KAUKSNUJAI 55S-3906	2	55 54 55.83654 23 40 54.07863	6 197 961.773 480 100.377	114.398	3	3	3
14	KRUMPIAI 55S-0017	2	55 55 12.30440 23 50 34.73309	6 198 436.345 490 184.937	98.138	2	2	2
15	KUBILIŪNAI 55S-0041	2	55 35 54.38061 23 39 08.91643	6 162 675.988 478 097.209	147.097	2	2	2
16	KUNIGIŠKIAI 55S-4841	2	55 38 44.72766 23 25 14.78077	6 168 040.501 463 538.040	208.109	2	2	2
17	LEGEČIAI 55S-9439	2	55 39 07.35446 23 34 44.56550	6 168 668.328 473 505.412	140.302	2	2	2
18	LIEPKALNIS 55S-7948	2	55 31 57.95226 23 22 31.93975	6 155 487.959 460 577.561	163.793	2	2	2

6 pav. Lietuvos valstybinio GPS 2 klasės tinklo punktų LKS94 koordinacių katalogo fragmentas [7]

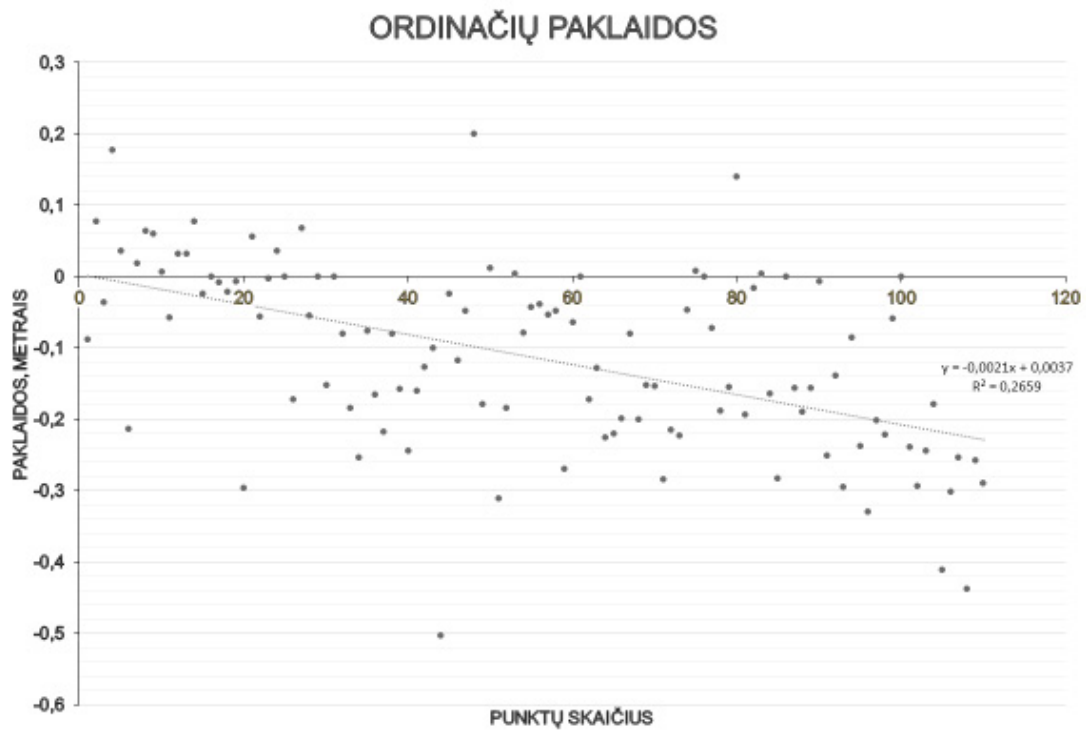
Iš viso analizuota 110 punktų duomenų iš jų 16 GPS punktų. Duomenų analizei parinkti ir palyginti tokie trianguliacijos punktai, kurių centrų koordinatės nustatytos ir GPS 2 klasės matavimais. Kauno apskrities (be Kauno miesto) koordinacių katalogą sudaro: 8 punktai 1 klasės, 27 punktai 2 klasės, 40

punktų 3 klasės, 11 punktų 4 klasės ir kitų klasių trianguliacijos ir poligonometrijos punktai. 48 punktų centrų aukščiai nustatyti geometriniu niveliavimu.

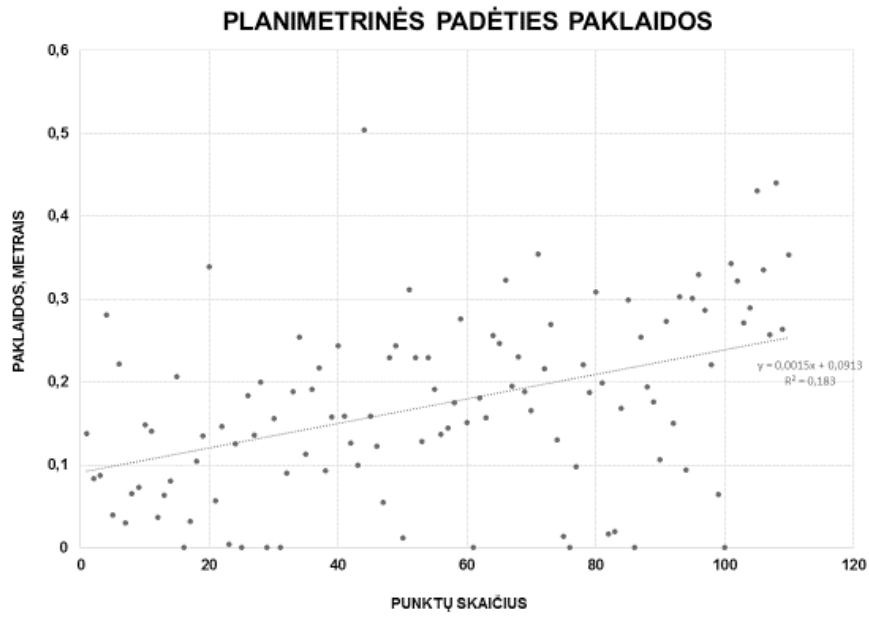
Duomenų analizės rezultatai pateikti 7, 8, 9, 10 paveiksluose - diagramose.



7 pav. Abscisių paklaidos

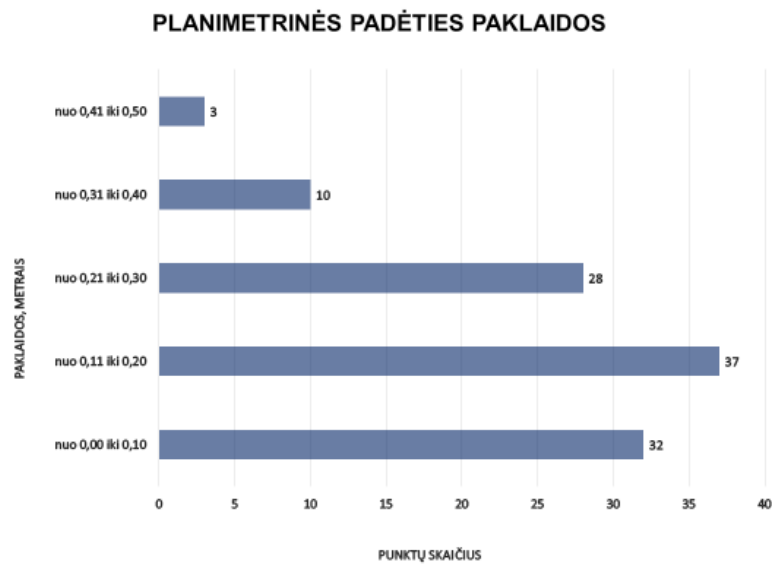


8 pav. Ordinačių paklaidos



18

9 pav. Planimetrinės padėties paklaidos



21

10 pav. Planimetrinės padėties paklaidos

2 lentelėje pateikti apibendrinti analizės duomenys.

2 lentelė. Analizės duomenų rezultatų lentelė

	ΔX (m)	ΔY (m)	ΔS (m)
MIN PAKLAIDA	-0,274	-0,502	0,000
MAX PAKLAIDA	0,255	0,200	0,504
VIDUTINĖ KVADRATINĖ PAKLAIDA	0,111	0,130	0,306

Atlikus Lietuvos teritorijos Kauno apskrities trianguliacijos tinklo punktų koordinatinių palyginimo analizę su GPS tinklo pirmosios ir antrosios klasės punktų koordinatėmis, nustatyta, kad Kauno apskrities sąlyginės sistemos koordinatinių vidutinė kvadratinė paklaida 0,31 m, maksimali punkto padėties paklaida siekia 0,5 m.

Perskaičiuotų iš sąlyginės koordinatinių sistemos koordinatinių į LKS 94 koordinatinių sistemą, taško padėties leidžiama paklaida 0,1 m.

Išvados

1. Kauno apskrities trianguliacijos punktų padėties vidutinė kvadratinė paklaida 0,31 m.
2. Perskaičiuojant taškų sąlyginės sistemos koordinates į LKS 94 koordinatinių sistemos koordinates, dalies taškų padėties paklaida bus didesnė už 0,1 m. Nustačius taško padėties paklaidą didesnę už leistinąją, jo padėčiai nustatyti turėtų būti taikomas individualus sprendimas.
3. Įrengus globalinės padėties nustatymo sistemos nuolatinį stočių tinklą, GPS tinklas tampa vis mažiau aktualiu.

Literatūra

1. Kazakevičius, S. ir kt. (1997). Lietuvos teritorijos trianguliacijos tinklai. Istorija ir dabartis. *Geodezija ir Kartografija*, Nr. 23(1), p. 18-52. ISSN 1392-1541.
2. Petroškevičius, P., Ramanauskas, R. (1995). Lietuvos valstybinio GPS tinklo sudarymas. *Geodezija ir kartografija*, Nr. 21(1). ISSN 1392-1541.
3. Petroškevičius, P. (2000). VGTU Geodezijos instituto mokslinė ir praktinė veikla. *Mokslas ir gyvenimas*, Nr. 513 (9). ISSN 0134-3084.
4. *Lietuvos teritorijos trianguliacijos ir poligonometrijos punktų koordinatinių katalogas*. VGTU, Geodezijos institutas, 1994. 213 p.
5. *Lietuvos I-os ir II-os klasės trianguliacijos inventoriacijos techninė ataskaita*. Lietuvos valstybinis ITI, 1991, 129 p.
6. Lietuvos Respublikos valstybinės žemėtvarkos ir geodezijos tarnybos prie Žemės ūkio ministerijos įsakymas dėl „Koordinatinių sistemos įvedimo tvarkos“, Žin., 1996, Nr. 11-302.
7. *Lietuvos valstybinio GPS antrosios klasės tinklo sudarymas*. VGTU, 1996. 513 p.
8. Nacionalinė žemės tarnyba prie Lietuvos Respublikos žemės ūkio ministerijos. *Valstybiniai GPS tinklai*, 2013.

Apie autorius

Dalia Kiverienė, Kauno kolegijos Technologijų ir kraštotvarkos fakulteto Geodezijos katedros lektorė, e. paštas: dalia.kiveriene@go.kauko.lt

Vincas Zakarauskas, Kauno kolegijos Technologijų ir kraštotvarkos fakulteto Geodezijos katedros lektorius, e. paštas: vincas.zakarauskas@go.kauko.lt