

Vilniaus gedimino technikos universitetas

APLIKOS INŽINERIJOS FAKULTETAS
GEODEZIJOS IR KADASTRO KATEDRA

Danutė Zmitrovičienė

**Normalinių ir elipsoidinių aukščių tarpusavio
sąsajos analizė (vakarų Lietuvoje)**
THE ANALYSIS OF NORMAL AND ELLIPSOIDAL HEIGHTS
INTERRELATION (WESTERN LITHUANIA)

Baigiamasis magistro darbas

Geodezijos ir kartografijos studijų programa
Geografinių informacinių sistemų specializacija
Matavimų inžinerijos mokslo kryptis

DARBO VADOVAS:
PROF.HABIL.DR. J.SKEIVALAS

VILNIUS, 2005

Vilniaus Gedimino technikos universitetas
Aplinkos inžinerijos fakultetas
Geodezijos ir kadastro katedra

ISBN ISSN
Egz. sk. 1
Data 2005 06 01

Magistrantūros baigiamasis darbas (tezės)
Normalinių ir elipsoidinių aukščių sąsajos analizė (vakarų Lietuvoje)

Danutė Zmitrovičienė

Kalba



lietuvių



užsienio

Magistro baigiamajame darbe „Normalinių ir elipsoidinių aukščių sąsajos analizė (vakarų Lietuvoje) yra analizuojamas normalinių aukščių prognozės modeliai, sudaryti taikant kolokacijos metodą. Tam tikslui yra panaudojami 1-os klasės vertikaliojo tinklo GPS matavimų duomenys – punktų elipsoidiniai aukščiai bei jų koordinatės LKS 94 sistemoje (vakarų Lietuvos dalyje). Prognozinio normalinio aukščio tikslumui įvertinti buvo panaudojami trys analizės variantai: taikant 5-ių, 6-ių ir 7-ių parametrų variantus. Įvertinama modelio kaita priklausomai nuo parametrų skaičiaus. Analizuojama klaidų įtaka prognozės modelio parametrų bei prognozinio normalinių aukščių tikslumui.

Reikšminiai žodžiai (iki 8 žodžių): kolokacijos metodas, Lietuvos vertikalus tinklas, elipsoidiniai ir normaliniai aukščiai, prognozavimas, geoidas, GPS

Vilniaus Gediminas technical university
Environmental Engineering Faculty
Geodesy ir Cadastre Department

ISBN ISSN
Copy. no. 1
Date 05.06.01

Master degree's final work (thesis)
The analysis of normal and ellipsoidal heights interrelation (Western Lithuania)

Danutė Zmitrovičienė

Language:

☐

Lithuanian

☒

English

The thesis „The analysis of normal and ellipsoidal heights interrelation“ examines the making of the normal heights prognosis models, employing the Kolokation method. In that case, are used 1st class vertical Lithuanian levelling network data measurements by GPS - point with ellipsoidal heights and their coordinates in the LKS 94 system (Western Lithuania).

It was used three analysis variants for the evaluation of the accuracy of the prognostic normal heights: 5th, 6th, 7th parameters variants. This is performed by changing the sequence of the polynoms and elements of matrix of weights at ellipsoidic and normal heights.

The analysis of the influence of the prognostic model errors for the accuracy of the parametrs and prognostic normal heights.

Key words: kolokation method, Lithuanian levelling network, ellipsoidal and normal heights, prognosis, geoid, GPS

LENTELIŲ SĄRAŠAS

1 lentelė. Linijos Šventoji – Palanga – Šilutė – Mikytai punktai naudojami parametrams skaičiuoti	21
2 lentelė. Parametrų vektoriaus T_s komponentų reikšmės, taikant 5 parametrų modelį.....	21
3 lentelė. Linijos Šventoji – Palanga – Šilutė – Mikytai punktai naudojami prognoziniais normaliniams aukščiams skaičiuoti	22
4 lentelė. Normalinių aukščių prognozavimas, taikant 5-ių parametrų modelį.....	22
5 lentelė. Linijos Šventoji – Palanga – Šilutė – Mikytai ir linijos Šiauliai – Jonava atkarpos Piepaliukai – Jonava punktai naudojami parametrams skaičiuoti	24
6 lentelė. Parametrų vektoriaus T_s komponentų reikšmės, taikant 5 parametrų modelį.....	24
7 lentelė. Linijos Šiauliai – Jonava atkarpos Piepaliukai – Jonava punktai naudojami prognoziniais normaliniams aukščiams skaičiuoti	25
8 lentelė. Normalinių aukščių prognozavimas, taikant 5-ių parametrų modelį (linijos Šiauliai – Jonava atkarpa Piepaliukai - Jonava)	25
9 lentelė. Parametrų vektoriaus T_s komponentų reikšmės, taikant 6 parametrų modelį.....	31
10 lentelė. Normalinių aukščių prognozavimas, taikant 6-ių parametrų modelį(linijos Šventoji – Šilutė – Mikytai atkarpa Palanga - Mikytai)	32
11 lentelė. Normalinių aukščių prognozavimas, taikant 6-ių parametrų modelį (linijos Šiauliai – Jonava atkarpa Piepaliukai - Jonava)	34
12 lentelė. Parametrų vektoriaus T_s komponentų reikšmės, taikant 6 parametrų modelį.....	35
13 lentelė. Normalinių aukščių prognozavimas, taikant 7-ių parametrų modelį (linijos Šventoji – Šilutė – Mikytai atkarpa Palanga - Mikytai)	36
14 lentelė. Normalinių aukščių prognozavimas, taikant 7-ių parametrų modelį (linijos Šiauliai – Jonava atkarpa Piepaliukai - Jonava)	37
15 lentelė. Normalinių aukščių prognozavimas, taikant 5-ių, 6-ių, 7-ių parametrų modelį (linijos Šventoji – Šilutė – Mikytai atkarpa Palanga - Mikytai)	39
16 lentelė. Normalinių aukščių prognozavimas, taikant 5-ių, 6-ių, 7-ių parametrų modelį (linijos Šiauliai – Jonava atkarpa Piepaliukai - Jonava)	40
17 lentelė. Kovariacijų matricos įvertis Linijos Šventoji – Šilutė – Mikytai (atkarpa Palanga – Mikytai), taikant 5-ių parametrų variantą	46
18 lentelė. Kovariacijų matricos įvertis Linijos Šventoji – Šilutė – Mikytai (atkarpa Palanga – Mikytai), taikant 6-ių parametrų variantą	47
19 lentelė. Kovariacijų matricos įvertis Linijos Šventoji – Šilutė – Mikytai (atkarpa Palanga – Mikytai), taikant 7-ių parametrų variantą	48

20 lentelė. Kovariacijų matricos įvertis Linijos Šiauliai – Jonava atkarpos Piepaliukai –Jonava), taikant 5-ių parametru variantą	49
21 lentelė. Kovariacijų matricos įvertis Linijos Šiauliai – Jonava atkarpos Piepaliukai –Jonava), taikant 6-ių parametru variantą	51
22 lentelė. Kovariacijų matricos įvertis Linijos Šiauliai – Jonava atkarpos Piepaliukai –Jonava), taikant 7-ių parametru variantą	52
23 lentelė. Prognozinių normalinių aukščių punktų vidutinės kvadratinės klaidos, taikant 5-ių, 6-ių, 7-ių parametru modelį (linijos Šventoji – Šilutė – Mikytai atkarpa Palanga - Mikytai).....	54
24 lentelė. Prognozinių normalinių aukščių punktų vidutinės kvadratinės klaidos, taikant 5-ių, 6-ių, 7-ių parametru modelį (linijos Šiauliai – Jonava atkarpa Piepaliukai - Jonava)	55
25 lentelė. Linijos Palanga – Šilutė – Mikytai pradiniai duomenys	58

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1 pav. 1-os klasės Lietuvos GPS tinklo schema	6
2 pav. Prognozinių normalinių aukščių nuokrypiai, taikant 5-ių parametrų modelį	23
3 pav. Prognozinių normalinių aukščių nuokrypiai, taikant 5-ių parametrų modelį (linijos Šiauliai – Jonava atkarpa Piepaliukai - Jonava)	26
4 pav. Linijos Šventoji – Šilutė – Mikytai atkarpa Palanga Mikytai punktai naudojami skaičiavimuose	27
5 pav. Linijos Šventoji – Šilutė – Mikytai atkarpa Palanga Mikytai ir Linijos Šiauliai – Jonava atkarpa Piepaliukai – Jonava punktai naudojami skaičiavimus	28
6 pav. Linijos Šventoji – Palanga – Šilutė – Mikytai atkarpos Palanga – Mikytai prognozuojamų normalinių aukščių skirtumas (taikant 5-ių parametrų variantą)	29
7 pav. Linijos Šventoji – Palanga – Šilutė – Mikytai atkarpos Palanga – Mikytai paviršius	29
8 pav. Linijos Šventoji – Palanga – Šilutė – Mikytai atkarpos Palanga – Mikytai paviršius	30
9 pav. Linijos Šventoji – Palanga – Šilutė – Mikytai atkarpos Palanga – Mikytai prognozuojamų normalinių aukščių skirtumas (taikant 5-ių parametrų variantą)	30
10 pav. Prognozinių normalinių aukščių nuokrypiai, taikant 6-ių parametrų modelį (linijos Šventoji – Šilutė – Mikytai atkarpa Palanga - Mikytai)	33
11 pav. Prognozinių normalinių aukščių nuokrypiai, taikant 6-ių parametrų modelį (linijos Šiauliai – Jonava atkarpa Piepaliukai - Jonava)	34
12 pav. Prognozinių normalinių aukščių nuokrypiai, taikant 7-ių parametrų modelį (linijos Šventoji – Šilutė – Mikytai atkarpa Palanga - Mikytai)	37
13 pav. Prognozinių normalinių aukščių nuokrypiai, taikant 7-ių parametrų modelį (linijos Šiauliai – Jonava atkarpa Piepaliukai - Jonava)	38
14 pav. Prognozinių normalinių aukščių nuokrypiai, taikant 5-ių, 6-ių, 7-ių parametrų modelį (linijos Šventoji – Šilutė – Mikytai atkarpa Palanga - Mikytai)	39
15 pav. Prognozinių normalinių aukščių nuokrypiai, taikant 5-ių, 6-ių, 7-ių parametrų modelį (linijos Šiauliai – Jonava atkarpa Piepaliukai - Jonava)	40
16 pav. Prognozinių normalinių aukščių punktų vidutinės kvadratinės klaidos, taikant 5-ių, 6-ių, 7-ių parametrų modelį (linijos Šventoji – Šilutė – Mikytai atkarpa Palanga - Mikytai)	54
17 pav. Prognozinių normalinių aukščių punktų vidutinės kvadratinės klaidos, taikant 5-ių, 6-ių, 7-ių parametrų modelį (linijos Šiauliai – Jonava atkarpa Piepaliukai - Jonava)	54
18 pav. Linijos Palanga – Šilutė – Mikytai grafiniai duomenys	55

19 pav. Linijos Palanga – Šilutė – Mikytai grafinis skaičiavimo duomenų pavaizdavimas	59
20 pav. Linijos Palanga – Šilutė – Mikytai grafinis prognozinio normalinio aukščio duomenų pavaizdavimas.....	60
21 pav. GIS duomenų pateikimas spauzdinimui	61

TURINYS

IVADAS	2
1. Lietuvos geodezinio vertikaliojo tinklo sudarymo principai	4
2. Lietuvos teritorijos vertikaliojo tinklo ištirtumas (Lietuvos teritorijos vakarinėje dalyje).....	5
3. Europos vertikaliojo tinklo išplitimas Lietuvos teritorijoje	7
3.1. Europos vertikaliojo tinklo EUVN projektas.....	7
3.2. Projektas “Baltijos jūros lygis“	8
3.3. EUVN ir BSL matavimai Lietuvoje.....	9
4. Lietuvos geoido modelis ir jo taikymas normaliniams aukščiams nustatyti.....	10
4.1. Europos gravimetrinio geoido (kvazigeoido) EGG97 Lietuvos teritorijoje įvertinimas	10
4.2. Lietuvos teritorijos skaitmeninio geoido modelis	11
5. Normalinių ir elipsoidinių aukščių sąsajos, taikant kolokacijos metodą teorinė galimybė	12
6. Normalinių ir elipsoidinių aukščių sąsajos principai	13
6.1. Prognozės modelio parametrų reikšmių skaičiavimas	14
6.2. Prognozės modelio formavimas.....	17
7. Praktiniai skaičiavimai taikant kolokacijos metodą (Vakarinėje Lietuvos dalyje).....	19
7.1. Prognozės modelio sudarymas, taikant 5-ių parametrų variantą	20
7.2. Prognozės modelio sudarymas, taikant 6-ių parametrų variantą	31
7.3. Prognozės modelio sudarymas, taikant 7-ių parametrų variantą	35
8. Prognozuojamų normalinių aukščių klaidų modelis	39
9. GIS panaudojimas skaitmeniniams duomenims kaupti, redaguoti ir analizuoti.....	54
9.1. Geoinformacinės sistemos sudarymo technologija, duomenų bazės suformavimas	55
IŠVADOS	60
LITERATŪRA	62
PRIEDAI.....	64
I. Prognozinio modelio skaičiavimo programa, taikant 5-ių parametrų variantą	65
II. Prognozinio modelio skaičiavimo programa, taikant 6-ių parametrų variantą.....	75
III. Prognozinio modelio skaičiavimo programa, taikant 7-ių parametrų variantą.....	85

IVADAS

Darbo aktualumas.

Šiandien geoinformacinės sistemos – tai bene sparčiausiai pasaulyje besivystanti informacinių technologijų sistema. Pagrindinis GIS privalumas - operavimas erdvinė (koordinuota, orientuota erdve) informacija. Informaciją apie tam tikrą miestą ar jo dalį gali būti pateikiama visos eilės konkrečios teritorijos tematinų žemėlapių, atspindinčių tam tikrą vietovės bruožą, pavidalu. GIS tokie tematiniai žemėlapiai vadinami sluoksniais arba temomis, kiekviena iš jų yra saugoma tam tikros teritorijos vienuose informacija (pvz: vertikalios tinklo punktai, linijos, aukštis ir kt.), kadangi tai yra tos pačios teritorijos sluoksniai, visi objektai yra koordinuoti ir tvarkingai tarpusavyje suderinti. Visa tam tikros teritorijos informacija suskaidyta sluoksniais – temomis, gali būti analizuojama atskirais sluoksniais arba kaip reikalingų sluoksnių kombinacija. Atsiradus naujiems objektams, atnaujinamas tiksliai tas sluoksnis, kuriame saugomi tos rūšies duomenys arba jei tokių nėra, kuriamas naujas. Kiekviename sluoksnyje galima informacijos apie vertikalųjį tinklą analizė. Galimybė suskaidyti informaciją sluoksniais, o vėliau sujungti ir kurti įvairias kombinacijas – tai vienas iš GIS privalumų.

Lietuvos valstybiniam geodeziniam pagrindui sudaryti būtinas vieningas aukščių pagrindas. Tam, kad sukurti vieningą tinklą reikalinga atlikti geoido tyrimus. Nemažiau svarbus ir tolesnis GPS tinklo tankinimas ir tobulinimas, taip pat aktualėja ir altitudžių nustatymas pagal GPS metodu nustatytus elipsoidinius aukščius.

Nustatant ryšį tarp elipsoidinio ir normalinio aukščio reikalingas svarbus parametras - geoido aukštis, kuris nustatomas panaudojant skaitmeninį geoido modelį. Elipsoidinio ir normalinio aukščio sąsajos tikslumas priklauso nuo turimo skaitmeninio geoido modelio tikslumo, taip pat nuo jo tankumo ir pradinės informacijos gausumo. Tam turi būti tikslinamas ir pats skaitmeninis geoido modelis.

Pradėtas skaitmeninio geoido kvazigeoido modelio sudarymas buvo 1994 m., ir vėliau tikslintas 1996 m. Tačiau atlikus Baltijos jūroje gravimetrinius ir geodezinius darbus, 1998 m. galima buvo skaitmeninį geoido modelį dar patikslinti. Kadangi geoidas susijęs su aukščių sistema, tam reikia turėti ne mažesnio tikslumo ir elipsoidinius ir normalinius aukščius. 1998m. Sudarytas Lietuvos teritorijos skaitmeninis geoido modelis, kurį taikant gaunamas geoido aukštis ties bet kuriuo GPS matavimais koordinuotu tašku. Koordinuoto taško altitudė lygi elipsoidinio ir geoido aukščių skirtumui.

Tam kad neprarasti skaitmeninio geoido modelio tikslumo jį perskaičiuojant į norimą aukščių sistemą, reikalinga turėti ne mažiau tikslų ir vertikalųjį tinklą. Taip pat reikalingas ir gana tankus tinklas sąsajos punktu, kurių elipsoidiniai ir normaliniai aukščiai būtų nustatyti ne mažesniu tikslumu. Taikant

1998 m. sudarytą skaitmeninio geoido modelį apskaičiuotos punktų altitudės tikslumu prilygsta ketvirtos klasės niveliacijai. 1998 m. Sudarytas Lietuvos teritorijos geoido skaitmeninis modelis, kurio tikslumas siekia 3 cm. [4,7] Tik turint baigtą valstybinį GPS tinklą ir jį tankinant, ir nustatant sąsajos punktų elipsoidinius aukščius, bus galima sudaryti Lietuvos teritorijos skaitmeninį geoido modelį. [4,7]

GPS matavimų metu nustatomos Žemės paviršiaus taškų geocentrinėje stačiakampės koordinatės, kurias transformuojant apskaičiuojamos taškų elipsoidinės koordinatės ir aukščiai. Geodezinėje praktikoje naudojami niveliuojant nustatyti normaliniai aukščiai. Elipsoidiniams aukščiams rasti GPS metodu sutaupomos laiko sanaudos ir lėšos nei normaliniams aukščiams nustatyti niveliuojant. Taigi GPS metodas šiuo požiūriu yra gan ekonomiškasis.

Normalinių aukščių nustatymo tikslumas priklauso nuo elipsoidinių aukščių tikslumo, o jis priklauso kokių tikslumu yra žinoma geoido ir elipsoido tarpusavio padėtis. Geoido ir elipsoido tarpusavio padėtis atitinkamu tikslumu gali būti nustatyta taškuose, kurių geodezinės koordinatės bei elipsoidiniai ir normaliniai aukščiai yra žinomi. Kituose taškuose geoido ir elipsoido tarpusavio padėtis apskaičiuojama interpoliuojant pagal atitinkamas prognozavimo formules.[4,7]

Normalinių aukščių nustatymui pagal elipsoidinius sudaromas prognozės modelis, pagal turimus GPS matavimų metu nustatytas geocentrines stačiakampes koordinates, kurias transformuojant apskaičiuojami taškų elipsoidiniai aukščiai. Prognozės modelis sudaromas tik tam tikriems regionams, kuriuose geoido paviršiaus kaita reguliari, nes kitu atveju yra gaunamos klaidos, ir negalima nustatyti elipsoidinių ir normalinių aukščių sąsają. Tiriamojo darbo analizei naudojami duomenys yra vertikaliojo pirmosios klasės tinklo linijos Palanga – Šilutė – Mikytai (2003 m.) atkarpos Palanga – Mykutai, Šiauliai – Jonava (2002–2003 m.) matavimo rezultatai.

Tyrimo darbo metodika. Prognozės modelio parametrų reikšmės nustatomos kolokacijos metodu. Tam identiškuose taškuose paimami išmatuotų elipsoidinių ir normalinių aukščių reikšmės. Prognozuojami normaliniai aukščiai skaičiuojami, taikant 5-ių, 6-ių, 7-ių parametrų modelį. Lyginamos išmatuoti normaliniai aukščiai su prognozuojamais normavimais aukščiais. Įvertinama modelio kaita priklausomai nuo taikomo parametrų skaičiaus.

Mokslo tiriamojo darbo tikslas – išanalizuoti normalinių aukščių prognozės modelius, sudaryti taikant kolokacijos metodą, kai panaudojami GPS matavimais nustatyti elipsoidinius aukščius. Prognozės modeliui tikslumui įvertinti panaudojami trys analizės variantai: taikant 5-ių, 6-ių, 7-ių eilių polinominių koeficientų matricas.

1. Lietuvos geodezinio vertikaliojo tinklo sudarymo principai

Geodezinio vertikaliojo tinklo sudarymo pagrindinis tikslas – nustatyti punktų geopotencialinius aukščius ir sudaryti šalies teritorijos aukščių pagrindą. Geodezinis vertikalusis tikslas turi įtvirtinti vieną visoje Lietuvos teritorijoje aukščių sistemą ir garantuoti patikimą ryšį su Europos tinklais.

Geodezinį vertikalųjį tinklą būtina nuolat tikslinti, kad būtų užtikrintas tikslumas nustatant punktų aukščius. Vertikaliojo tinklo punktų aukščiams nustatyti naudojami geodezijos, kosminės geodezijos ir gravimetrinių matavimų duomenys.

Pirmosios krašto geodeziniai tinklai niveliacijos linijos nutiestos Lietuvos teritorijoje 1972 – 1892 m., pasinaudojus neseniai pastatytais geležinkeliais. Niveliacijos palaida - $\pm 2,2$ mm/km.[3] Niveliuojamos sieninės markės, įtvirtintos geležinkelio stotyse. Naudojamos pakabinamos matuoklės. Tokių markių Lietuvoje įtvirtinta apie 100, iš jų beliko kelios.[11]

Tarpukario Lietuvoje buvo sudarytas 2010 km perimetro precizinės niveliacijos tinklas, jungiantis 1132 niveliacijos ženklus. Precizinės niveliacijos linijose buvo statomi dviejų tipų sieniniai ženklai – markės ir reperiai, įtvirtinami pastatų sienose, įkasami į žemę betoniniai stulpeliai su šone įtvirtintais sieninio tipo ženklais. Lietuviški niveliavimo ženklai projektuojami pagal vokiškus, nemažai jų išliko iki šiol. [3]

Peržvelgus krašto niveliacijos tinklų kūrimo istoriją matyti, kad dabartinių Lietuvos teritorijos geodezinių aukščių pagrindas – buvusios Sovietų sąjungos vakarinio pakraščio pirmosios ir antrosios klasių niveliacijos tinklų fragmentas, jungiantis įvairių laimečių linijas. Pagrindinės pirmos klasės linijos niveliuotos 1970-1971. Antrosios klasės linijų niveliuota palyginti neseniai – prieš 15-20 m.[3]

Formuojant Lietuvos valstybinį geodezinį vertikalųjį tinklą būtina laikytis šių pagrindinių nuostatų:

- Tinklas turi tenkinti tartautinius vertikaliesiems tinklams keliamus reikalavimus;
- Geopotencialiniai aukščiai nustatomi remiantis gravimetriniais ir niveliacijos rezultatų duomenimis;
- Elipsoidiniai aukščiai gaunami kosminės geodezijos metodais;
- Vertikaliojo tinklo domeniu naudojami geoido (kvazigeoido) modeliui patikslinti;
- Į sudaromą tinklą įtraukiami tinkami senųjų niveliacijų ženklai;
- Formuojami dviejų tikslumo klasių geodezinis vertikalusis tinklas;
- Vidutinės kvadratinės paklaidos ne didesnės nei pirmos klasės - 0,5 mm/km, antros klasės - 0,7mm/km[3];

- Lietuvos geodezinį vertikalųjį tinklą susieti su bendru Baltijos regiono ir Europos nertikaliuosju tinklu. Naudojami Lietuvos teritorijos punktai, įtraukti į tarptautinių projektų tinklus: EUVN (Europos vertikaliojo tinklo) ir BSL (Baltijos jūros lygio).

Parengti Lietuvos geodezinio vertikaliojo tinklo formavimo principai sudaro sąlygas išvystyti šiuolaikinį Lietuvos valstybinį geodezinį pagrindą, kad jis atitiktų tarptautinius reikalavimus.

Vystant Lietuvos geodezinį vertikalųjį tinklą kartu su Europos vertikaliojo tinklo (EUVN) formavimu, bus galima naująjį tinklą susieti su bendra Europos aukščių sistema ir jį integruoti į Europos geodezinius tinklus. Patikslinti geoido modelį ir pagerinti aukščių nustatymo galimybes GPS metodu.

2. Lietuvos teritorijos vertikaliojo tinklo ištirtumas (Lietuvos teritorijos vakarinėje dalyje)

Tikslesni niveliacijos darbai Lietuvoje daryti antroje devyniotikto amžiaus pusėje, kai buvo pradėti tiesti geležinkeliai. Pirmasis Lietuvos precizinės niveliacijos tinklas sudarytas 1930-1937m. krašto apsaudos ministerijos Karo topografijos skyriaus nurodymu. Dalis šios niveliacijos sieninių reperių, kurie statyti devyniolitame amžiaus pabaigoje Klaipėdos krašte, išsilaikė ligi šiol. Niveliacijos paklaida apie $\pm 2,2$ mm/km [3].

Valstybinis niveliacijos tinklas sudaro Lietuvos teritorijos geodezinį aukščių pagrindą. Lietuvos valstybinė niveliacija skaičiuojama laikantis Baltijos aukščių sistemos. Šios sistemos nulį fiksuoja Kranštato futštakas, esantis Suomijos įlankoje.

Kiekvienam punktui duotas Baltijos (Kronštato) sistemos normalinis aukštis, gautas išlyginus atskirą tinklo dalį arba visą tinklą (priklausomai nuo to, kiek tuo metu išvystytas visą Lietuvos teritoriją apimantis vertikalusis tinklas). 1998 m. Lietuvoje pradėtas kurti valstybinis geodezinis vertikalusis pirmosios klasės tinklas. Tinklą sudaro apie 1880 km ilgio niveliacijos linijų.[12]

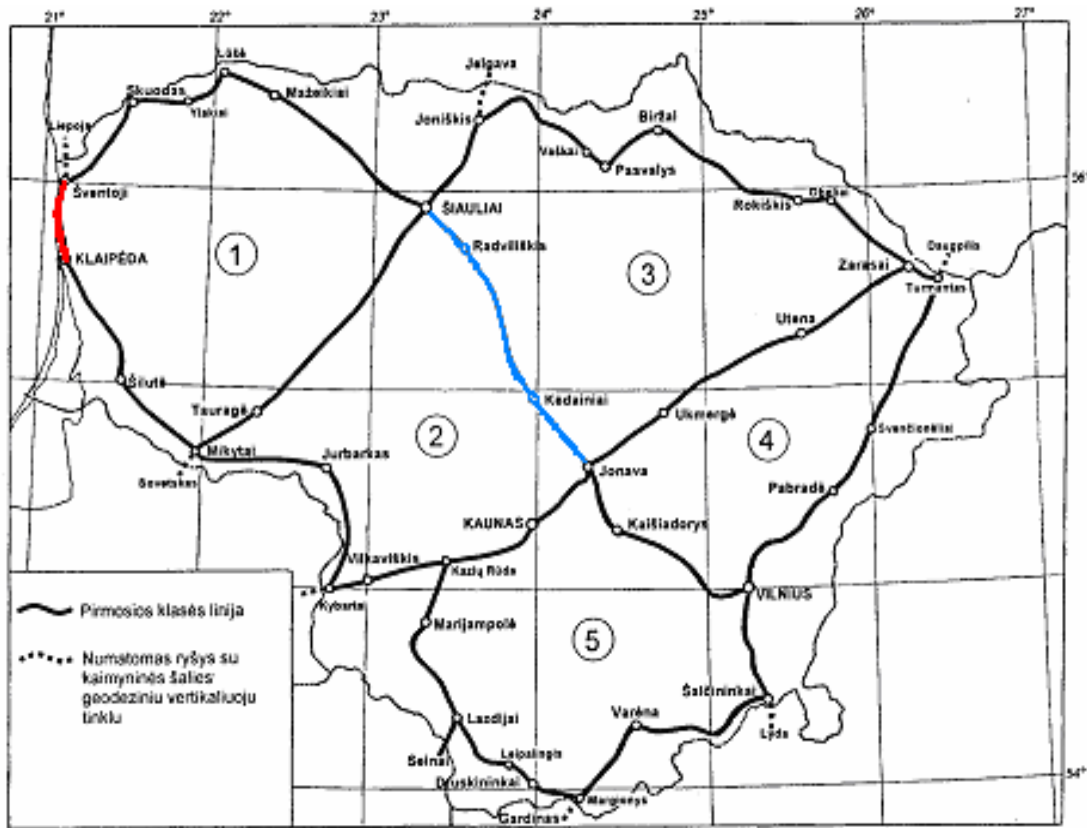
Trečios ir ketvirtos klasių niveliacijos tinklai Lietuvoje buvo sudaryti krašto kartografavimui, darant ištisinę topografinę nuotrauką. Niveliacijos tinklas buvo sudarytas tokio tankumo, kad 18 km² plote būtų bent vienas nuolatinis reperis.

Pirmos klasės geodeziniam vertikaliam tinklui priskiriami ir pagrindiniai Lietuvos GPS punktai: Vilnius, Šiauliai, Molai, kurie taip pat priklauso ir EUVN ir BSL tinklams. Taip pat įtraukiami ir senosios niveliacijos atraminiai gruntiniai punktai. Gruntiniai ženklai įtvirtinami ne rečiau kaip 6 km, o atraminiai – kas 40km. Jiems parenkamos GPS matavimams tinkamos vietos.

Skaitmeniniame kataloge pateiktos šio punkto elipsoidinės ir plokštuminės stačiakampės LKS 94 sistemos koordinatės ir elipsoidinis aukštis. Punktams, kurie koordinuoti GPS metodu, koordinatės

pateiktos 0,00001" ir 1 mm tikslumu, kitų punktų koordinatės nustatytos grafiškai iš 1:10 000 mastelio topografinio žemėlapiu ir pateiktos 0,1" ir 1 m tikslumu [17].

GPS metodas taikomas geodeziniais tinklams sudaryti ir jiems sutankinti. GPS prietaisais matuojama greitai ir dideliu tikslumu. Sudarant geodezinius tinklus GPS metodu, nebūtinai tiesioginis matavimas tarp gretimų tinklo punktų.



1 pav. Lietuvos valstybinio pirmos klasės geodezinio vertikaliojo tinklo schema

Valstybinio geodezinio vertikaliojo pirmosios klasės tinklo pirmojo poligono linijos **Šventoji – Šilutė – Mikytai atkarpos Palanga – Šilutė – Mikytai** punktų preciziam niveliavimui 2003 metais organizuotos trys ekspedicijos. Niveliuota 138,32 km (2208 stotys). Viename kilometre – vidutiniškai 16 niveliavimo stočių. Vidutinis atstumas iki matuoklių – 31,3 m, didžiausias – 35 m [12].

2002 m. baigtas geodezinio vertikaliojo pirmosios klasės tinklo antrojo poligono linijų punktų precizinis niveliavimas. Antrojo poligono punktų normaliniai aukščiai neišlyginti. **Linijų Šventoji – Šilutė – Mikytai** (atkarpa Palanga – Mikytai) punktų preliminarūs normaliniai aukščiai apskaičiuoti pradiniu priėmus atraminio punkto 10201 Mikytuose normalinio aukščio reikšmę iš 2001 m. matavimų. 2003 metais niveliuotų punktų normalinių aukščių reikšmės apskaičiuotos kaip kabančiojo ėjimo.

Gruntiniais ženklais įtvirtintiems punktams duoti atstumai iki vietovėje arčiausiai punkto esančių pastovių objektų. Gruntiniams punktams sudarytas regimojo horizonto brėžinys, kuriame matyti punktui dangaus skliautą užstojančių kliūčių išsidėstymas ir polinkio kampai horizonto atžvilgiu.

Sudarytas vertikaliojo tinklo linijos Šiauliai – Jonava atkarpos Piepaliukai – Jonava, linijos Šventoji – Šilutė – Mikytai atkarpos Palanga – Mikytai ir linijos Šiauliai – Mažeikiai – Šventoji atkarpos Lūšė – Šventoji punktų skaitmeninis katalogas.

3. Europos vertikaliojo tinklo išplitimas Lietuvos teritorijoje

3.1. Europos vertikaliojo tinklo EUVN projektas

Tarptautinės geodezijos asociacijos EUREF pakomisinės simpozimuose, įvykusiuose Varšuvoje 1994 m. birželio mėn. 8-11 d., ir 1995 m. gegužės mėn. 4-6 d. Helsinkyje buvo pasiūlyta sudaryti Europos atraminį vertikalųjį tinklą EUVN. Tinkles turi sujungti EUREF tinklą, Vakarų Europos niveliacijos tinklą UELN 95, susietą su Amsterdamo mareografų, ir Rytų Europos niveliacijos tinklą UPLN 82, susietą su Kranštoto nuliu.[4]

Projektuojant tinklą atsižvelgta į Europoje vykstančius geodinaminius procesus bei subalansuotą EUREF punktų, niveliacijos reperių ir mareografų skaičių. Iš pradžių buvo siūloma sudaryti tolygų tinklą, susidedanti iš 140 punktų – 40 EUREF, 40 UELN, 30 UPLN tinklų punktų ir 30 mareografų. Lietuvos teritorijoje buvo numatytas vienas EUVN punktas. Vėliau projektas buvo tikslinamas.

Išanalizavus pradinį EUVN projektą, Lietuvos precizinės niveliacijos tinklą, EUVN punktų išsidėstymą kaimyninėse šalyse, Lietuvos geodezininkai IAG pakomisės Baltijos jūros tyrimo posėdyje ir EUREF simpozime paparašė į EUVN tinklą įtraukti Vilniaus ir Šiaulių GPS stotis. Šiam pasiūlymui buvo pritarta.[4]

Visi EUVN punktai ir mareografai susieti su precizinės niveliacijos tinklu. Punktuose, kuriuose atstumas tarp GPS ženklo ir niveliacijos reperių yra didelis, atsižvelgta į gravitacijos lauko poveikį. Visų matavimų rezultatai redukuoti vienai epochai. Pradinai GPS matavimo duomenys atlikti regioniniuose skaičiavimo centruose. Visi duomenys ir dokumentacija surinkta trijuose EUVN apdorojimo centruose (EUPPC, EUPPC2, EUPPC3).

EUVN tinkles pagrindas atraminėms geokinematinėms aukščių sistemoms, tokioms kaip UELN 2000. EUVN matavimai duoda vertingą medžiagą Žemės plutos judesių tyrimams geocentrinėje koordinatų sistemoje. EUVN punktai naudojami Europos geoidui nustatyti. Kai geoidas bus žinomas pakankamai tiksliai, atsiranda galimybė plačiau taikyti GPS metodą aukščiams nustatyti.

Rezultai padės sukurti vieningą aukščių sistemą Europoje ir prisidės prie absoliučios pasaulinės aukščių sistemos sudarymo.

EUVN darbo grupė, remdamasi Ankaroje įvykusio simpoziumo nutarimais, parengė EUVN 97 matavimų programą. Kai kuriose stotyse matavimus nutarė atlikti kelių tipų GPS imtuvais. Pateikta informacija apie dalyvaujančias šalis, organizacijas, punktus, aukščių sistemas, paskutiniąsias niveliacijas ir galimybes atlikti matavimus bei matavimų rezultatų apdorojimą.

EUVN tinklą sudaro 195 punktai: iš jų 66 punktai priklauso EUREF tinklui, 13 yra nuolat veikiančios GPS stotys, 53 punktai priklauso niveliacijos tinklams UELN ir UPLN ir 63 mareografai.

3.2. Projektas “Baltijos jūros lygis”

Tarptautinės geodezijos asociacijos “Baltijos jūros tyrimai” ir EUREF pakomisės bei Šiaurės šalių geodezijos komisija numatė, kad atliekant geodezinius matavimus pagal EUVN projektą, drauge būtų atliekami darbai ir pagalkitą tarptautinį – BSL (“Baltijos jūros lygis”) projektą. Abiejų projektų tikslai panašūs, tik pagal BSL atliekami darbai apsiriboja Baltijos jūros regionui. BSL projekto darbais siekiama atlikti Baltijos jūros regiono geoido, geodinaminių procesų, GPS metodo panaudojimo galimybių bei kitus tyrimus. Tam tikslui sudarytas GPS tinklas, jungiantis atramines stotis ir Baltijos jūros mareografus. Atraminių stočių iš viso trylika (2 – Norvegijoje, 1 – Suomijoje, 2 – Švedijoje, 1 – Latvijoje, 2 – Lenkijoje, 3 – Vokietijoje).

Projekto darbuose dalyvauja šalys, esančios prie Baltijos jūros. Darbai atliekami pagal BSL projektą, svarbūs Lietuvai kuriančiai naują geodezinį pagrindą bei įsitraukiančiai į visam Baltijos regionui bendrų problemų sprendimą. Lietuva šiuose darbuose dalyvauja nuo 1993 m. Į BSL tinklą įtraukti du Lietuvos valstybinio GPS pirmos klasės tinklo punktai Klaipėda ir Molas, bei Klaipėdos mareografas.

EUVN ir BSL GPS 97 matavimo kompanijos metu matuota GPS stotyse Vilnius, Šiauliai, Molas ir Klaipėda. Naudoti GPS imtuvai *Ashtech Z12*.

EUVN ir BSL GPS 97 matavimo kompanijos duomenys, parengti pagal EUVN darbo grupės reikalavimus, perduoti į pradinio apdorojimo centrą Suomijos geodezijos institute, taip pat į EUVN duomenų centrą Leipcige.

Tarptautinių projektų EUVN ir BSL tyrimų rezultatai panaudoti didelio tikslumo Lietuvo geodeziniam pagrindui sukurti ir tobulinti, ryšiui tarp įvairių koordinatinių sistemų nustatyti ir patikslinti. Lietuvos valstybinei aukščių sistemai priimti, Lietuvos teritorijos geoidui nustatyti, geodinaminiais bei navigacijos uždaviniams spręsti.

GPS stotyse Vilnius, Šiauliai, Molas ir Klaipėda tampa aukščiausio tikslumo punktais Lietuvoje. Jie gali būti naudojami kaip atraminiai punktai Lietuvos valstybinei aukščių sistemai įtraukti.

GPS stotyse turi būti atlikti gravimetriniai matavimai ir nuolat tikrinti stočių ženklų pastovumą.

Ateityje turi būti tęsiami geodeziniai tyrimai pagal tarptautinius projektus EUVN ir BSL.

3.3. EUVN ir BSL matavimai Lietuvoje

EUVN darbo grupės sprendimu EUVN ir BSL GPS matavimų kampanija pradėta 1997 m. gegužės mėn. 21 d., baigta 1997 m. gegužės mėn. 29 d. Minimalus stebimų palydovų aukštis - 5°. Minimalus stebimų palydovų skaičius – 3. Duomenų užrašymo intervalas – 30 s.[5]

Paruošta GPS matavimų žurnalo forma. Jame įrašyti GPS stoties kodas ir pavadinimas, imtuvo ir antenos tipas, modelis, numeris, operatoriaus pavardė, antenos aukštis virš ženklo centro prieš ir po matavimų, planuotas ir tikrasis matavimų laikas, metų diena, imtuvo sprendimas (platuma, ilguma, ir aukštis), matavimo sąlygos bei kita svarbi informacija.

EUVN ir BSL GPS kampanijų metu matavimai atlikti dviejų dažnių *Ashtech Z12* imtuvais, priimančiais tikslų kodą. Vieną paskolino imtuvą Chalmers technologijos universiteto (Švedija) Onsalo kosminė observatorija. Kitus tris išnuomojo Aalborgo universiteto GPS centras.

Atliekant GPS matavimus Lietuvoje esančiose GPS stotyse, meteorologiniai duomenys fiksuoti. GPS matavimų metu meteorologiniai duomenys fiksuoti kas 3 val.

GPS stotyje VILNIUS (LT02) matavimai atlikti *Ashtech Z12* imtuvu. Matavimai stotyje atliekami nuo 1996 m. šis GPS imtuvas turi didelę atmintį, tai matavimų duomenys kopijuoti ne kiekvieną dieną. Antenos aplinkos meteorologiniai parametrai nustatyti aspiraciniu psichrometru. Surinkti ir Vilniaus oro uosto meteorologijos tarnybos matavimų šiuo laikotarpiu duomenys.

GPS stotyje ŠIAULIAI (LT01) matavimai atlikti *Ashtech Z12* imtuvu. Antena – GEODETIC L1/L2 meteorologiniai parametrai nustatyti barometru aneroidu IAMM-1 ir aspiraciniu psichrometru MB – 4M. GPS stebėjimų metu po šiluminės izoliacijos sluosniu matuota ir antenos stulpo temperatūra. Gauti Šiaulių oro uosto hidrometeorologijos tarnybos matavimų duomenys.

GPS stotyje MOLAS (LT03) matavimai atlikti *Ashtech Z12* imtuvu. . Antena – GEODETIC L1/L2 meteorologiniai parametrai nustatyti barometru aneroidu ir aspiraciniu psichrometru.

GPS stotyje KLAIPĖDA (LT04) matavimai atlikti *Ashtech Z12* imtuvu. Antena – GEODETIC L1/L2 meteorologiniai parametrai nustatyti barometru aneroidu ir aspiraciniu psichrometru. Barometrų aneroidų parodymai sulygininti su Klaipėdos meteorologijos stoties barometro parodymais. GPS matavimų kampanijos laikotarpiu surinkti ir Klaipėdos meteorologijos stoties duomenys.

4. Lietuvos geoido modelis ir jo taikymas normaliniams aukščiams nustatyti

4.1 Europos gravimerinio geoido (kvazigeoido)

EGG97 Lietuvos teritorijoje įvertinimas

Europos gravimetrinis geoido (kvazigeoido) modelis EGG97 apskaičiuotas hanoverio universiteto Žemės matavimų institute (Institut fur Erdmessung, IfE). Nuo 1990m. IfE yra Tarptautinės geodezijos asociacijos pakomisio geoidui nustatyti Europoje skaičiavimo centras. EGG97 modelio tinkliniai duomenys, surašyti į standartinius kompaktinius diskus, išsiuntinėjami asmenims ir įstaigoms, risidėjusioms prie geoido modelio sudarymo. Lietuvoje teritorijos gravimetrinius ir aukščių duomenis rengė VGTU Geodezijos institutas. Lietuva yra beveik geoido apimtos teritorijos centre, tai leido tikėtis gerų rezultatų.

Kad įvertinti geoido duomenis jie palyginami su GPS niveliacijos duomenimis. Iš bendro precizinio niveliacijos tinklo parinkti buvo 70 patikimiausių geodezinių taškų grupė. Prie jų normalinių aukščių pridėta 15 cm konstanta, kaip skirtumas tarp bendrojo precizinio niveliacijos tinklo, su kuriuo susietas Europos geoido modelis, aukščių.

Analizė parodė, kad vidutinė kvadratinė skirtumų palaida yra 62 mm, eliminavus tik geoido paviršiaus poveikį, ir 22 mm, eliminavus geoido paviršiaus polinkį ir nukrypį. Geoido aukščius Lietuvos teritorijoje pagal europos gravimetrinį geoido modelį galima EGG97 galima apskaičiuoti 3 cm tikslumu. Modelį galima taikyti geodeziniam aukščiams nustatyti atliekant geodezinių ir kartografinių darbų.

Lietuvos teritorijai taikomas Europos EGG97 geoido modelis paremtas GPS niveliacijos matavimų duomenimis. Seno niveliacijos tinklo linijos yra bendro precizinio niveliacijos tinklo, priklauso periodui 1948-87 m. labai sunku įvertinti normalinių aukščių tikslumą. Kai kurios linijos buvo panaudotos naujame Lietuvos vertikalizacijoje tinkle.

Elipsoidinių aukščių tikras tikslumas buvo apskaičiuotas pagal skirtingas koordinates iš dviejų sesijų. Šiuo metodu tikslumas pasiektas 2 cm. Buvo stebėti 120 taškų iš kurių 70 parinktos kaip patikimiausių geodezinių taškų grupė.

4.2 Lietuvos teritorijos skaitmeninio geoido modelis

Turint pabaigtą Lietuvos teritorijos valstybinį GPS tinklą, apimantį daugiau nei tūkstančius punktų, ir vykstant šio tinklo sutankinimui, kasmet papildomai koordinuojant apie 2000 punktų, aktualėja altitudžių skaičiavimas pagal nustatytus elipsoidinius aukščius metodus. Norint apskaičiuoti GPS

matavimais koordinuoto punkto altitudę, reikalinga žinoti paplidomą parametą tai geoido(kvazigeoido) aukštį. Geoido (kvazigeoido) aukštis nustatomas panaudojant skaitmeninio geoido modelį.

Geoido (kvazigeoido) modelio tikslumas ir lemia gaunamo rezultato patikimumą. Geoido modelio paklaidų dydžiai priklauso nuo turimos pradinės informacijos.

Pirmieji Baltijos regiono skaitmeninio geoido (kvazigeoido) modelio sudarymo darbai pradėti 1994 m. Geoido modelis patikslintas 1996 m. atlikus Lietuvoje ir kaimyninėse šalyse bei Baltijos jūroje vertingus nemažos apimties geodezinius ir gravimetrinius darbus, sukaupia naujų duomenų kad patikslinti skaitmeninį Lietuvos ir Baltijos regijono modelį. 1998 m. sudaryto gravimetrinio geoido modelio tikslumas - ± 30 mm vidutinė kvadratinė paklaida. Tam prireikė ne mažesnio tikslumo elipsoidinių bei normalinių aukščių.

Pirmasis visų Baltijos jūrą supančių šalių ir Lietuvos teritorijos skaitmeninis geoido modelis sudarytas 1994 m. Skaičiavimai atlikti Kopenhagoje. Tam tikslui buvo panaudota Šiaurės šalių turima pradinė informacija. Ši informacija susideda iš gravimetrinių matavimo rezultatų ir niveliacijos punktųkoordinatų nustatytų GPS metodu. Remiantis šia informacija apskaičiuotas gravimetrinis geoido modelis.

Gravimetrinio geoido skaitmeniniam modeliui transformuoti į Lietuvoje priimtą aukščių sistemą reikalingą pradinę informaciją sudarė 102 niveliacijos punktų altitudės bei GPS matavimais nustatytos tų pačių punktų trimatės koordinatės.

Šiaurės šalių geodezijos komisija antrą kartą apskaičiavo skaitmeninį geoido modelį 1996 m. atlikus tyrimus nustatytos lokalinės klaidos, todėl iškilo būtinumas sutankinti GPS matavimais koordinuotų tiksliosios niveliacijos punktų tinklą.

Tyrinėjant pirmuosius Lietuvos teritorijos skaitmeninio geoido modelius nustatytos klaidos susijusios su netiksliais elipsoidiniais aukščiais. Sudaromą skaitmeninį geoido modelį deformuoja sąsajos punktų elipsoidinių aukščių arba altitudžių klaidos. Didžiausiais geoido modelio deformacijas lemia klaidingi sąsajos punktai, išdėstyti apimamo ploto pakraščiuose. Patikimi kontrolės rezultatai gaunami esant nedideliams atstumams tarp punktų.

Vietovės taškų aukščių skaičiavimo metodas, pagrįstas elipsoidinių ir geoido aukščių nustatymu, yra labai perspektyvus. Taikant 1998 m. sudarytą skaitmeninį geoido modelį apskaičiuoti aukščiai prilygsta ketvirtos klasės niveliacijai.

1998 m. gravimetrinio geoido apskaičiuotoji vidutinė kvadratinė paklaida siekia ± 30 mm. Iš sukaupitų duomenų matyti, jog žymus geoido modelio pokyčiai atsirado sutankinus sąsajos punktų tinklą, kuriuo remiantis buvo eliminuotai klaidingus elipsoidinius aukščius arba netikslias altitudes turintys punktai.

Norint neprarasti pasiekto tikslumo transformuont gravimetrinį geoidą į priimtą aukščių sistemą, reikalingas pakankamai tankus tinklas sąsajos punktų, kurių altitudės ir elipsoidiniai aukščiai būtų nustatyti ne mažesniu tikslumu. Turint valstybinį GPS tinklą nustatant sąsajos punktų elipsoidinius aukščius reikalinga matavimų rezultatų kontrolė, kuri galima išdėstant gretimus sąsajos punktus nedideliu atstumu.

Lietuvos teritorijos skaitmeninį geoido modelį bus galima sudaryti tik turint šalies vertikalųjį geodezinį tinklą.

5. Normalinių ir elipsoidinių aukščių sąsajos, taikant Kolokacijos metodą teorinė galimybė

Turint Lietuvos teritorijos valstybinį GPS tinklą ir vykstant tankinimo darbams, ima aktualėti viena iš problemų, kaip GPS matavimais nustatyto elipsoidinio aukštį transformuoti į normalinį aukštį. Ryšio tarp normalinio ir elipsoidinio aukščio nustatymas leidžia nenaudojant papildomų matavimų nustatyti pagal išmatuotus elipsoidinius aukščius reikiamus normalinius aukščius.

GPS matavimų metu nustatomos Žemės paviršiaus taškų geocentrinėje stačiakampės koordinatės, kurias transformuojant apskaičiuojamos taškų elipsoidinės koordinatės B ir L bei elipsoidiniai aukščiai H_e . Geodezinėje praktikoje naudojami niveliuojant nustatyti normaliniai aukščiai. Elipsoidiniams aukščiams rasti GPS metodu sutaupomos laiko sanaudos ir lešos nei normaliniams aukščiams nustatyti niveliuojant. Taigi GPS metodas šiuo požiūriu yra gan ekonomiškas.

Iškyla problema dėl elipsoidinių aukščių transformavimo į normalinius aukščius. Elipsoidiniai aukščiai nustatomi su vidutinėmis kvadratinėmis paklaidomis, lygiomis apie keleta centimetrų. Elipsoidinius aukščius transformuoti į normalinius įmanoma tik tokiu pat tikslumu.

Normalinių aukščių nustatymo tikslumas priklauso nuo elipsoidinių aukščių tikslumo o jis priklauso kokių tikslumu yra žinoma geoido ir elipsoido tarpusavio padėtis. Geoido ir elipsoido tarpusavio padėtis atitinkamu tikslumu gali būti nustatyta taškuose, kurių geodezinės koordinatės bei elipsoidiniai ir normaliniai aukščiai yra žinomi. Kituose taškuose geoido ir elipsoido tarpusavio padėtis apskaičiuojama interpoliuojant pagal atitinkamas prognozavimo formules.

Turint pabaigtą valstybinį tinklą, nustatant sąsajas punktų elipsoidinius aukščius reikalinga matavimo rezultatų kontrolė. Tam kad išvengti didelių klaidų reikia punktus išdėstyti nedideliu atstumu. Patikslintą geoido modelį galima sudaryti panaudojus visą vertikalųjį tinklą.

Viena iš problemų normalinių aukščių nustatymo procese, taikant GPS metodą, - gauti prognozavimo formulės parametrus. Šiam tikslui taikomas kolokacijos metodas. Šio metodo pradinis tiesinis modelis yra išmatuotų dydžių išlygintų reikšmių vektoriaus sudarytas iš determinuotų parametrų išlygintų reikšmių vektoriaus ir kolokacinių signalų išlygintų reikšmių vektoriaus padauginto iš

atitinkamų koeficientų. Parametrų ir kolokacinių signalų išlygintų reikšmių vektoriai gaunami apdorojus mažiausių kvadratų metodu.[1,2]

GPS tinklų atveju kaip kolokacinius signalus panaudosime normalinius aukščius, o kaip išmatuotus dydžius – elipsoidinius aukščius. Apdorojant normalinių ir elipsoidinių aukščių matavimo rezultatus taškų, kurių geodezinės koordinatės yra žinomos, taikydami mažiausiųjų kvadratų metodą gauname išlygintas išlygintas kolokacinių signalų ir išmatuotų dydžių reikšmes.

Prognozavimo metodo tikslumas priklauso nuo to, koku tikslumu gauta prognozavimo ir kolokacinio signalų tarpusavio kovariacijų matrica. Šiai matricai nustatyti buvo panaudoti išmatuotų elipsoidinių ir normalinių aukščių bendro apdorojimo mažiausiųjų kvadratų metodo rezultatai.

6. Normalinių ir elipsoidinių aukščių sąsajos principai

GPS matavimų metu nustatomos Žemės paviršiaus taškų geocentrinėje stačiakampės koordinatės, kurias transformuojant apskaičiuojamos taškų elipsoidinės koordinatės B ir L bei elipsoidiniai aukščiai H_e . Geodezinėje praktikoje naudojami niveliuojant nustatyti normaliniai aukščiai. Elipsoidiniams aukščiams rasti GPS metodu sutaupomos laiko sąnaudos ir lešos nei normaliniams aukščiams nustatyti niveliuojant. Taigi GPS metodas šiuo požiūriu yra gan ekonomiškąs.

GPS tinklų atveju kaip kolokacinius signalus panaudosime normalinius aukščius, o kaip išmatuotus dydžius – elipsoidinius aukščius. Apdorojant normalinių ir elipsoidinių aukščių matavimo rezultatus taškų, kurių geodezinės koordinatės yra žinomos, taikydami mažiausiųjų kvadratų metodą gauname išlygintas išlygintas kolokacinių signalų ir išmatuotų dydžių reikšmes.

Viena iš problemų normalinių aukščių nustatymo procese, taikant GPS metodą, - gauti prognozavimo formulės parametrus. Šiam tikslui taikomas kolokacijos metodas. Šio metodo pradinis tiesinis modelis yra išmatuotų dydžių išlygintų reikšmių vektoriaus sudarytas iš determinuotų parametrų išlygintų reikšmių vektoriaus ir kolokacinių signalų išlygintų reikšmių vektoriaus padauginto ir atitinkamų koeficientų. Parametrų ir kolokacinių signalų išlygintų reikšmių vektoriai gaunami apdorojus mažiausių kvadratų metodu[1,2].

6.1 Prognozavimo modelio parametrų reikšmių skaičiavimas

Prognozavimo modeliams sudaryti panaudosime lygčių sistemą, kai lygties pagrindinės dedamosios yra sisteminė dalis ir atsitiktinė dalis arba kolokacijos signalas. Sisteminė dalis tai tam tikri nežinomieji, vadinami parametrais. Kolokacijos signalais paimsime normalinius aukščius linijos Šventoji – Palanga – Šilutė – Mikytai. Normalinius aukščius panaudoosime kaip atsitiktinius dydžius, nes jie išmatuojami su tam tikromis klaidomis. Šios klaidos yra sisteminės ir atsitiktinės.

Prognozavimo modelio parametrams rasti užrašoma tokia lygčių sistema:

$$\left. \begin{aligned} H_E &= (A|U)\tilde{T} = A\tilde{T}_x + UH_n \\ H_n &= \tilde{H}_n \end{aligned} \right\} \quad (6.1)$$

Čia H_e – išlygintų elipsoidinių aukščių vektorius,

T_x – determinuotųjų parametrų išlygintų reikšmių vektorius,

H_n – išlygintų normalinių aukščių vektorius;

A, U – lygčių koeficientų matricos.

T_x ir H_n parametrų ir kolokacijų išlygintų reikšmių vektoriai gaunamim mažiausių kvadratų metodu.

Tiesinio modelio parametrų (6.1) ir kolokacinių signalų išlygintų reikšmių vektoriai T_x ir H_n gaunami apdorojus mažiausių kvadratų metodu identiškuose taškuose išmatuotų elipsoidinių H_e ir normalinių aukščių H_n ir vektorių reikšmes.

Pataisų lygčių sistema:

$$\left. \begin{aligned} V_e &= A\tilde{T} + U\tau + UH_n - H_e \\ V_n &= \tau_n \end{aligned} \right\} \quad (6.2)$$

$V_e = \tilde{H}_e - H_e$ – išmatuotų elipsoidinių aukščių ir išlygintų elipsoidinių aukščių vektorių skirtumas;

V_n – išmatuotų normalinių aukščių ir išlygintų normalinių aukščių vektorių skirtumas.

$\tau = \tilde{H}_n - H_n$ – parametrų vektorius.

Sistema (6.2) galima užrašyti ir blokiniu pavidalu taip:

$$V = \begin{pmatrix} AU \\ 0E \end{pmatrix} \tau + L = A_0 \tau + L \quad (6.3)$$

čia $\tau = (\tilde{T}_x^T, \tau_n^T)^T$, $L = (L_1^T, 0)^T$, kai $L_1 = UH_n - H_e$, čia E – vienetinė matrica; $V = (V_E^T, V_n^T)^T$,
 $A_0 = \begin{pmatrix} AU \\ 0E \end{pmatrix}$.

Pataisų lygčių sistemai (6.3) spresti taikoma mažiausių kvadratų metodo sąlyga, darant prielaidą, kad veikia tik atsitiktinės atitinkamų dydžių klaidos:

$$\Phi = V_e^T P_e V_e + V_n^T P_n V_n = \min \quad (6.4)$$

čia P_e, P_n – išmatuotų elipsoidinių ir normalinių aukščių svorių matricos.

Parametrų vektorius τ skaičiuojamas iš normalinių aukščių lygčių matricos:

$$N\tau + \omega = 0 \quad (6.5)$$

$$N = A_0^T P A_0 \quad (6.6)$$

$$\omega = A_0^T P L \quad (6.7)$$

$$\tau = -N^{-1} \omega \quad (6.8)$$

N – normalinių aukščių koeficientų matrica;

ω – laisvųjų narių vektorius.

Svorių matrica P ir laisvųjų narių vektorius ω turi tokias išraiškas:

$$P = \begin{pmatrix} P_e \\ \dots P_n \end{pmatrix},$$

$$\omega = \begin{pmatrix} A^T P_e \\ U^T P_e \end{pmatrix} L_1.$$

Normalinių lygčių koeficientų matricą N galima užrašyti blokiniu pavidalu:

$$N = \begin{pmatrix} N_{11} & N_{12} \\ N_{21} & N_{22} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} AU \\ 0E \end{pmatrix} \begin{pmatrix} P_e \\ \dots P_n \end{pmatrix} \begin{pmatrix} AU \\ 0E \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A^T P_e A & A^T P_e U \\ U^T P_e A & U^T P_e U + P_n \end{pmatrix}. \quad (6.9)$$

Apskaičiuotų parametrų vektoriaus $\tilde{T}$ kovariacijų matrica $K_{\tilde{T}}$ gaunama pagal mažiausių kvadratų metodo formules:

$$K_{\tilde{T}} = \sigma_0^2 N^{-1} = \sigma_0^2 \begin{pmatrix} Q_{11} & Q_{12} \\ Q_{21} & Q_{22} \end{pmatrix}, \quad (6.10)$$

čia σ_0 – matavimo rezultato, kurio svoris lygus vienetui standartinis nuokrypis. Jis nustatomas iš formulės:

$$\sigma_0^2 = \frac{1}{n-k} V^T P V$$

čia n – pataisų lygčių skaičius, k – parametrų (nežinomųjų) skaičius.

Išlygintų parametrų vektoriaus $\tilde{T}$ reikšmė gaunama iš formulės[14]:

$$\tilde{T} = \begin{pmatrix} \tilde{T}_x \\ \tau_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Q_{11}A^T P_e + Q_{12}P_e \\ Q_{21}A^T P_e + Q_{22}P_e \end{pmatrix} L_1. \quad (6.11)$$

Vektoriaus $\tilde{T}$ dedamųjų $\tilde{T}_x$ ir τ_n išraiškas galima užrašyti kitokiu pavidalu:

$$\tilde{T} = \left\{ A^T (UP_n^{-1}U^T + P_e^{-1})^{-1} A \right\}^{-1} \times A^T (UP_n^{-1}U^T + P_e^{-1})^{-1} L_1 \quad (6.12)$$

$$\tau_n = -P_n^{-1}U^T (UP_n^{-1}U^T + P_e^{-1})^{-1} (L_1 + A\tilde{T}_x). \quad (6.13)$$

Išlygintų parametrų vektoriaus $\tilde{T}$ ir normalinių aukščių $\tilde{H}_n$ kovariacijų bei jų tarpusavio kovariacijų matricas gauname blokinių matricų pavidalu iš išraiškos (6.10):

$$\left. \begin{aligned} K_{\tilde{T}_x} &= \sigma_0^2 Q_{11} \\ K \begin{pmatrix} \tilde{T}_x \\ \tilde{H}_n \end{pmatrix} &= \sigma_0^2 Q_{12} \\ K \begin{pmatrix} \tilde{H}_n \\ \tilde{T}_x \end{pmatrix} &= K^T \begin{pmatrix} \tilde{T}_x \\ \tilde{H}_n \end{pmatrix} = \sigma_0^2 Q_{21} \\ K_{\tilde{H}_n} &= K_{\tau_n} = \sigma_0^2 Q_{22} \end{aligned} \right\}. \quad (6.14)$$

Vektorių $\tilde{T}_x$ ir $\tilde{H}_n$ tarpusavio kovariacijų matrica $K \begin{pmatrix} \tilde{T}_x \\ \tilde{H}_n \end{pmatrix}$, parodo parametrų vektoriaus $\tilde{T}_x$

klaidų įtaką vektoriaus $\tilde{H}_n$ tikslumui. Nustatysime kokią įtaką vektoriaus $\tilde{H}_n$ tikslumui turi $\tilde{H}_e$ matavimų klaidos, tai yra gausime vektorių $\tilde{H}_n$ ir $\tilde{H}_e$ tarpusavio kovariacijų matricos išraišką $K \begin{pmatrix} \tilde{T}_x \\ \tilde{H}_n \end{pmatrix}$.

Taigi galime parašyti:

$$\begin{aligned} K \begin{pmatrix} \tilde{T}_x \\ \tilde{H}_n \end{pmatrix} &= K \begin{pmatrix} \tilde{H}_e \\ \tilde{T}_x \end{pmatrix} K \begin{pmatrix} \tilde{H}_e \\ \tilde{H}_n \end{pmatrix} = M \left\{ (\tilde{H}_e - M\tilde{H}_e) (\tilde{T} - M\tilde{T})^T \right\} = M \left\{ \delta\tilde{H}_e \cdot (\delta\tilde{T})^T \right\} = \\ &= M \left\{ (AU) \delta\tilde{T} \cdot (\delta\tilde{T})^T \right\} = (AU) K_{\tilde{T}} \end{aligned} \quad (6.15)$$

čia M – vidurkio (matematinės vilties) simbolis, $\delta\tilde{H}_e$, $\delta\tilde{T}$ - išlygintų elipsoidinių aukščių ir parametrų atsitiktinių klaidų vektoriai.

Panaudodami kovariacijų matricos $K_{\tilde{T}}$ išraišką (6.10), formulę (6.14) parašome tokiu pavidalu:

$$K \begin{pmatrix} \tilde{H}_e \\ \tilde{T} \end{pmatrix} = \sigma_0^2 N^{-1} = \sigma_0^2 (AU) \begin{pmatrix} Q_{11} & Q_{12} \\ Q_{21} & Q_{22} \end{pmatrix} = \sigma_0^2 \{AQ_{11} + UQ_{21} | AQ_{12} + UQ_{22}\} \quad (6.16)$$

Tokiu būdu gauname išraiškas:

$$K \begin{pmatrix} \tilde{H}_e \\ \tilde{T} \end{pmatrix} = \{AQ_{11} + UQ_{21}\} \quad (6.17)$$

ir

$$K \begin{pmatrix} \tilde{H}_e \\ \tilde{T} \end{pmatrix} = \{AQ_{12} + UQ_{22}\}. \quad (6.18)$$

Išlygintų elipsoidinių aukščių $\tilde{H}_e$ kovariacijų matrica $K_{\tilde{H}_e}$ galima išreikšti tokiu pavidalu:

$$K_{\tilde{H}_e} = (AU)K_{\tilde{T}}(AU)^T = AQ_{11}A^T + UQ_{21}A^T + AQ_{12}U^T + UQ_{22}U^T. \quad (6.19)$$

6.2. Prognozės modelio formavimas

Prognozavimo metodu daroma prielaida, laikomas tam tikros teritorijos kvazigeoido kaita atitinka prognozavimo modelį. Normalinio aukščių vektoriaus nustatymui galima taikyti prognozavimą. Skaičiavimams taikomos šios formulės:

$$H_{ns} = H_e - A_S \tilde{T}_x, \quad (6.20)$$

Čia H_e – išmatuotų linijos Šventoji – Palanga – Šilutė – Mikytai elipsoidinių aukščių vektorius; A_S – prognozės lygčių vektorių matrica, kuri sudaroma iš linijos Šventoji – Palanga – Šilutė – Mikytai prognozavimo taškų koordinatų;

Prognozuojamų normalinių aukščių vektoriaus H_{ns} tikslumas įvertinamas kovariacijų matrica $K_{H_{ns}}$, kuri gaunama panaudojus matematinės statistikos dėsnius:

$$K_{H_{ns}} = \left\{ (H_{ns} - MH_{ns}) (H_{ns} - MH_{ns})^T \right\}. \quad (6.21)$$

Galime parašyti:

$$K_{H_{ns}} = m \left\{ (\delta H_e - A_S \delta \tilde{T}_x) (\delta H_e - A_S \delta \tilde{T}_x)^T \right\} = K_{H_e} - K \begin{pmatrix} H_e \\ \tilde{T}_x \end{pmatrix} A_S^T - A_S K \begin{pmatrix} \tilde{T}_x \\ H_e \end{pmatrix} + A_S K_{\tilde{T}_x} A_S^T \quad (6.22)$$

GPS metodu išmatuotų elipsoidinių aukščių kovariacijų matricos K_{H_e} įvertis K'_{H_e} nustatomas apdorojant GPS matavimų rezultatus.

Parametrų vektorius T_x ir kovariacijų matrica $K_{\tilde{T}_x}$ (pagal (6.14) pirmą išraišką), kuri įvertina apskaičiuotų parametrų reikšmių vektoriaus tikslumą, priklauso nuo kvazigeoido paviršiaus ir nuo elipsoidinių aukščių vektoriaus H_e . [2]

Kadangi prognozuojamų taškų srityje kovariacijų matricos $K \begin{pmatrix} H_e \\ \tilde{T}_x \end{pmatrix} = K^T \begin{pmatrix} \tilde{T}_x \\ H_e \end{pmatrix}$ apskaičiuoti neįmanoma, tai darome prielaidą, kad ji mažai skiriasi nuo kolokacijos procedūroje nustatytos kovariacijų matricos $K \begin{pmatrix} H_e \\ \tilde{T}_x \end{pmatrix}$, apskaičiuotos pagal formulę (6.17). [2]

Prognozavimo modelio $H_{ns} = H_e - A_s T_x$, parametrų vektoriaus T_x reikšmės skaičiuotos taikant m-ių komponentų variantus. Vektorius T_x susideda iš m – komponentų, kurios nustatytos apdorojus mažiausiųjų kvadratų metodu identiškus taškus elipsoidinių aukščių H_e ir normalinių aukščių H_n išmatuotas reikšmes.

Matrica A sudaryta iš blokų A_i , kai i – 1,2,3..., n – taškų skaičius, naudojamų skaičiavimuose:

$$A = \begin{pmatrix} A_1 \\ A_2 \\ \dots \\ A_n \end{pmatrix}. \quad (6.22)$$

Blokus A_i galima sudaryti šiais variantais [3]:

$$\bullet \quad A_i = (x_i, y_i, x_i^2, y_i^2, x_i y_i), \quad (6.23)$$

$$\bullet \quad A_i = (1, x_i, y_i, x_i^2, y_i^2, x_i y_i), \quad (6.24)$$

$$\bullet \quad A_i = (x_i, y_i, x_i^2, y_i^2, x_i y_i, x_i^2 y_i, x_i y_i^2). \quad (6.25)$$

Iš formulių (6.23), (6.24), (6.25) sudaromi trys parametrų skaičiavimo variantai:

Taikoma sistema kai $U=E$:

$$1. \quad A_i \tilde{T}_x = x_i t_{1x} + y_i t_{2x} + x_i^2 t_{3x} + y_i^2 t_{4x} + x_i y_i t_{5x}, \quad (6.26)$$

$$2. \quad A_i \tilde{T}_x = t_0 + x_i t_{1x} + y_i t_{2x} + x_i^2 t_{3x} + y_i^2 t_{4x} + x_i y_i t_{5x}, \quad (6.27)$$

$$3. \quad A_i \tilde{T}_x = x_i t_{1x} + y_i t_{2x} + x_i^2 t_{3x} + y_i^2 t_{4x} + x_i y_i t_{5x} + x_i^2 y_i t_{6x} + x_i y_i^2 t_{7x}. \quad (6.28)$$

7. Praktiniai skaičiavimai taikant kolokacijos metodą

GPS matavimų metu nustatomos Žemės paviršiaus taškų geocentrinėje stačiakampės koordinatės, kurias transformuojant apskaičiuojamos taškų elipsoidinės koordinatės B ir L bei elipsoidiniai aukščiai H_e . Geodezinėje praktikoje naudojami niveliuojant nustatyti normaliniai aukščiai. Elipsoidiniams aukščiams rasti GPS metodu sutaupomos laiko sanaudos ir lešos nei normaliniams aukščiams nustatyti niveliuojant. Taigi GPS metodas šiuo požiūriu yra gan ekonomiškąs.

Normalinių aukščių nustatymo tikslumas priklauso nuo elipsoidinių aukščių tikslumo, o jis priklauso koku tikslumu yra žinoma geoido ir elipsoido tarpusavio padėtis. Geoido ir elipsoido tarpusavio padėtis atitinkamu tikslumu gali būti nustatyta taškuose, kurių geodezinės koordinatės bei elipsoidiniai ir normaliniai aukščiai yra žinomi. Kituose taškuose geoido ir elipsoido tarpusavio padėtis apskaičiuojama interpoliuojant pagal atitinkamas prognozavimo formules.

Viena iš problemų normalinių aukščių nustatymo procese, taikant GPS metodą, - gauti prognozavimo formulės parametrus[1]. Šiam tikslui taikomas kolokacijos metodas. Šio metodo pradinis tiesinis modelis yra išmatuotų dydžių išlygintų reikšmių vektoriaus sudarytas iš determinuotų parametrų išlygintų reikšmių vektoriaus ir kolokacinių signalų išlygintų reikšmių vektoriaus padauginto ir atitinkamų koeficientų. Parametrų ir kolokacinių signalų išlygintų reikšmių vektoriai gaunami apdorojus mažiausių kvadratų metodu[1,2].

GPS tinklų atveju kaip kolokacinius signalus panaudosime normalinius aukščius, o kaip išmatuotus dydžius – elipsoidinius aukščius. Apdorojant normalinių ir elipsoidinių aukščių matavimo rezultatus taškų, kurių geodezinės koordinatės yra žinomos, taikydami mažiausiųjų kvadratų metodą gauname išlygintas kolokacinių signalų ir išmatuotų dydžių reikšmes.

Prognozavimo metodo tikslumas priklauso nuo to, koku tikslumu gauta prognozavimo ir kolokacinio signalų tarpusavio kovariacijų matrica. Šiai matricai nustatyti buvo panaudoti išmatuotų elipsoidinių ir normalinių aukščių bendro apdorojimo mažiausiųjų kvadratų metodo rezultatai.

Prognozavimo modelio programos kūrimui naudoju Mathcad 2000 Professional programos paketą. Šios programa pritaikiau prognozinio modelio sudarymui (I, II, III priedai):

- parametrąs skaičiuoti;
- prognozinio normalinio auškčio nustatymui;
- prognozinio normalinio auškčio kovariacijos įverčio skaičiavimams;
- taip pat tikslumo skaičiavimams.

7.1. Prognozuozės modelio sudarymas, taikant 5-ių parametrų modelį

Prognozavimo metodu daroma prielaida, priimama kad tam tirkos teritorijos kvazigeoido kaita atitinka prognozavimo modelį. Normalinio aukščių vektoriaus nustatymui galima taikyti prognozavimą. Skaičiavimams taikomos šios formulės (6.20), (6.22), (6.23), (6.25):

$$H_{ns} = H_e - A_s \tilde{T}_x, \quad (6.20)$$

Čia H_e – išmatuotų linijos Šventoji – Palanga – Šilutė – Mikytai elipsoidinių aukščių vektorius; A_s – prognozės lygčių vektorių matrica, kuri sudaroma iš linijos Šventoji – Palanga – Šilutė – Mikytai prognozavimo taškų koordinatų;

Prognozės modelio (6.20) parametrų vektoriaus T_x reikšmėms skaičiuoti panaudosime (6.23) formulę, taikant 5-ių komponentių variantą (I priedas).

Prognozavimo modelio parametrų vektoriaus T_x reikšmėms skaičiuoti buvo panaudotas 5-ių komponentių variantas. Vektoriaus T_x komponentės buvo nustatytos apdorojus mažiausiųjų kvadratų metodu 20-ties identiškų taškų (2 pav.) elipsoidinių aukščių H_e ir normalinių aukščių H_n išmatuotas reikšmes.

Matrica A sudaryta iš blokų A_i , kai $i=20$, i – taškų skaičius, naudojamų skaičiavimuose:

$$A = \begin{pmatrix} A_1 \\ A_2 \\ \dots \\ A_i \end{pmatrix}. \quad (6.22)$$

Blokus A_i galima sudaryti šiais variantais:

$$\bullet \quad A_i = (x_i, y_i, x_i^2, y_i^2, x_i y_i), \quad (6.23)$$

Iš formulės (6.23) sudaromi prognozės modelio 5 – iems parametrų skaičiuoti naudojame šį variantą (6.25):

$$A_i \tilde{T}_x = x_i t_{1x} + y_i t_{2x} + x_i^2 t_{3x} + y_i^2 t_{4x} + x_i y_i t_{5x},$$

kai x, y - Lietuvos 1-os klasės vertikaliojo tinklo matavimų reperų koordinatės LKS 94 sistemoje **(1 lentelė)**;

t_{ix} – prognozavimo modelio parametrų vektoriaus T_x komponentės.

Prognozavimo modelio parametrų vektoriaus T_x reikšmėms skaičiuoti buvo panaudotas 5-ių komponentių variantas. Vektoriaus T_x komponentės buvo nustatytos apdorojus mažiausiųjų kvadratų metodu 20-ties identiškų taškų (**2 pav.**) elipsoidinių aukščių H_e ir normalinių aukščių H_n išmatuotas reikšmės (**1 lentelė**). Parametrų reikšmėms skaičiuoti paimame 20 linijos Šventoji – Palanga – Šilutė – Mikytai taškų su išmatuotomis LKS-94 koordinatėmis ir elipsoidiniais ir normaliniais aukščiais. Šie taškai imami kaip atraminiai, naudojant juos parametrus nustatyti.

1 lentelė. Linijos Šventoji – Palanga – Šilutė – Mikytai punktai naudojami parametrus skaičiuoti

Eil. Nr.	Punkto numeris	Punkto kodas	Koordinatės LKS-94		Elipsoidinis aukštis H_e , m	Normalinis aukštis H_n , m	HN- H_e , m
			X, m	Y, m			
1	1517	26V-1517	6203308,7	317670,09	33,391	8,742	-24,619
2	6761	26V-6761	6201979,9	317416,87	33,493	8,895	-24,598
3	3128	25V-3128	6198921,3	316282,72	38,319	13,678	-24,641
4	10240	25V-10240	6195205	318486,31	36,448	11,831	-24,617
5	10241	25V-10241	6189941,8	320067,26	44,201	19,536	-24,665
6	10243	25V-10243	6186860	319334,16	53,03	28,338	-24,692
7	10244	25V-10244	6182884,9	317779,1	37,309	12,569	-24,74
8	1522	25S-1522	6181097,3	316799,58	29,3	4,567	-24,733
9	10245	25V-10245	6176959,9	322972,44	37,119	12,414	-24,705
10	10246	25V-10246	6171887,6	326186,03	31,42	7,693	-24,727
11	10247	25V-10247	6169650,2	327239,55	39,153	14,423	-24,73
12	10248	25V-10248	6166806,2	328345,78	32,65	7,923	-24,727
13	10250	25V-10250	6159075,3	333880,2	27,833	3,116	-24,717
14	10253	25V-10253	6153532	337538,92	33,13	8,38	-24,75
15	10254	25V-10254	6151872,4	338266,44	35,454	10,706	-24,748
16	10256	24V-10256	6148088,3	341107,18	36,202	11,442	-24,76
17	16	24V---16	6135378,7	342909,97	43,766	18,795	-24,971
18	10259	24V-10259	6132792,1	343838,01	45,37	20,421	-24,949
19	10263	34V-10263	6124686,7	351812,44	32,258	7,236	-25,002
20	10267	34V-10267	6117677,67	361573,10	34,916	9,80000	-25,116

Vektoriaus T_x komponentės buvo nustatytos apdorojus mažiausiųjų kvadratų metodu 20-ties identiškų taškų (2 pav.) elipsoidinių aukščių H_e ir normalinių aukščių H_n išmatuotas reikšmės (1 lentelė).

Parametrų reikšmės pateiktos **2 lentelėje**:

2 lentelė. Parametrų vektoriaus T_s komponentių reikšmės, taikant 5 parametrų modelį

Parametro simbolis	5-ių parametrų modelio variantas
T_{1x}	0,0008159
T_{2x}	0,00001637
T_{3x}	0,0000001378
T_{4x}	0,0000005418
T_{5x}	0,0000002679

Pagal sudarytą prognozės modelį, panaudojus parametru vektorių T_x komponentės, skaičiuosime normalinius prognozinis aukščius 20-ties linijos Šventoji – Palanga – Šilutė – Mikytai taškų (2 pav.) su išmatuotomis LKS-94 koordinatėmis ir elipsoidiniais aukščiais (3 lentelė).

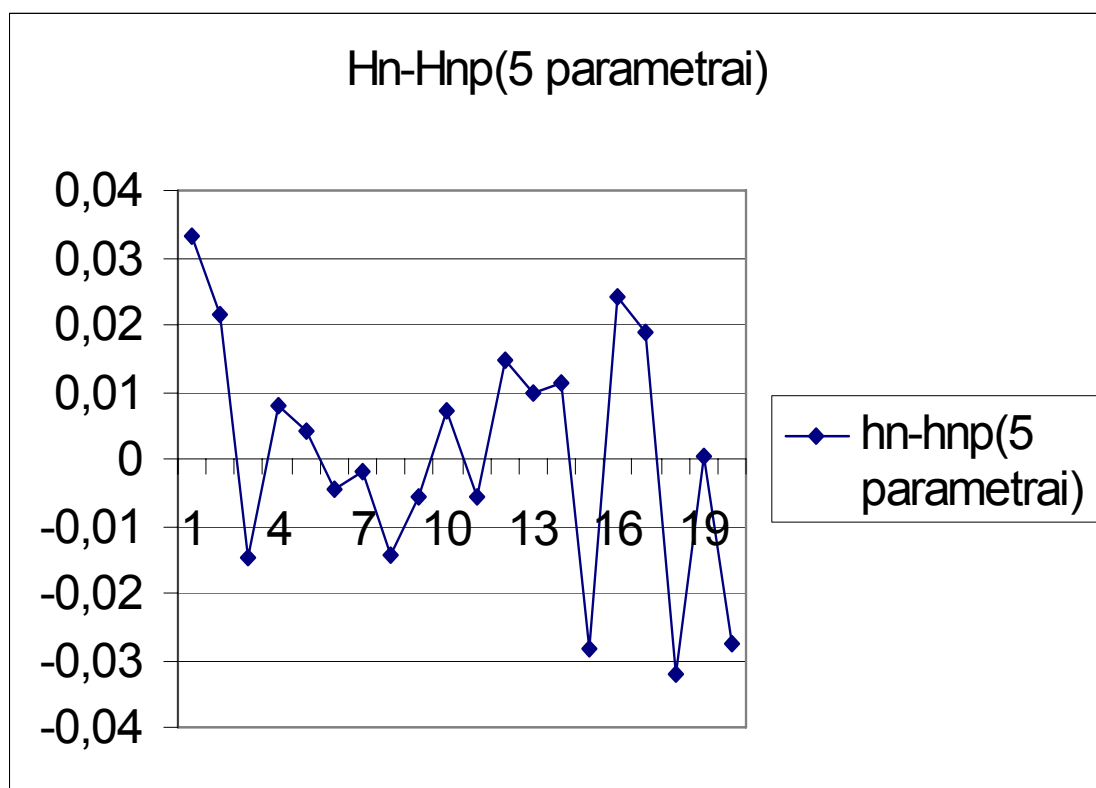
3 lentelė. Linijos Šventoji – Palanga – Šilutė – Mikytai punktai naudojami prognozinis normaliniams aukščiams skaičiuoti

Eil. Nr.	Punktas	Punkto kodas	Koordinatės LKS-94		Elipsoidinis aukštis H_e , m
			X, m	Y, m	
1	375	26V-0375	6203262	317654,4	33,71
2	4805	26V-4805	6202879	317527,6	34,376
3	433	26V-433	6200783	316312,9	38,4
4	5151	25V-5151	6196057	317285,2	35,412
5	474	25V-474	6192204	319814,9	39,093
6	10242	25V-10242	6187966	320723,5	55,62
7	166	25V-0166	6187923	320711,4	54,974
8	10247	25V-10247	6169650	327239,6	39,153
9	10249	25V-10249	6162268	330003,5	36,866
10	10251	25V-10251	6157441	335065,1	29,889
11	10252	25V-10252	6155121	336676,7	29,978
12	10255	24V-10255	6149318	341212,3	41,288
13	10257	24V-10257	6146173	340781,3	31,297
14	6218	24V-9218	6135436	342900	43,56
15	10261	24V-10261	6127488	348361,7	35,444
16	10262	34V-10262	6125635	350546,5	34,798
17	10264	34V-10264	6123731	353858	35,282
18	10265	34V-10265	6122734	355207,6	40,86
19	10266	34V-10266	6121244	356453,3	37,464
20	10268	34V-10268	6115785	363616,3	38,48

4 lentelė. Normalinių aukščių prognozavimas, taikant 5-ių parametru modelį

Taško Nr.	Prognozuojami normaliniai aukščiai H_{np} (5 parametrai), m	Normalinis aukštis H_n , m	$H_n - H_{np}$ (5 parametrai), m
375	9,0789	9,112	0,033074
4805	9,7704	9,792	0,021581
433	13,761	13,746	-0,01466
5151	10,769	10,777	0,008088
474	14,44	14,444	0,004003
10242	30,954	30,950	-0,0044
166	30,31	30,308	-0,00185
10247	12,145	12,131	-0,01434

10249	5,1617	5,156	-0,00573
10251	5,2227	5,230	0,007289
10252	16,52	16,514	-0,00579
10255	6,4954	6,510	0,014562
10257	8,9633	8,973	0,009656
6218	18,642	18,653	0,01127
10261	10,447	10,419	-0,02822
10262	9,752	9,776	0,023989
10264	10,246	10,265	0,018814
10265	15,82	15,788	-0,03204
10266	12,411	12,411	0,000213
10268	13,343	13,315	-0,02773
		max	0,033074
		min	-0,03204



2 pav. Prognozių normalinių aukščių nuokrypiai, taikant 5-ių parametų modelį

Tam, kad nustatyti prognozavimo modelio kitimą, didėjant atstumui tarp taškų, parametrus skaičiuoti paimami taškai iš dviejų linijų: 10 taškų (linijos Šventoji – Palanga – Šilutė – Mikytai) ir 10 taškų (linijos Šiauliai – Jonava atkarpos Piepaliukai –Jonava) (**3 pav.**) su išmatuotomis LKS-94 koordinatėmis ir elipsoidiniais aukščiais elipsoidiniais aukščiais H_e ir normaliniais aukščiais H_n išmatuotas reikšmės (**5 lentelė**). Parametrų vektoriaus T_x reikšmėms skaičiuoti buvo panaudotas 5-ių komponentų variantas. Šie taškai imami kaip atraminiai, naudojant juos parametrus nustatyti.

5 lentelė. Linijos Šventoji – Palanga – Šilutė – Mikytai ir linijos Šiauliai – Jonava atkarpos Piepaliukai –Jonava punktai naudojami parametrus skaičiuoti

Eil.Nr	Punkto Nr.	Punkto kodas	Koordinatės (LKS 94)		Elipsoidinis aukštis H_e , m	Normalinis aukštis H_n , m	HN-HE, m
			X	Y			
1	1517	26V-1517	6203308,7	317670,09	33,391	8,742	-24,619
2	6761	26V-6761	6201979,9	317416,87	33,493	8,895	-24,598
3	3128	25V-3128	6198921,3	316282,72	38,319	13,678	-24,641
4	10240	25V-10240	6195205	318486,31	36,448	11,831	-24,617
5	10241	25V-10241	6189941,8	320067,26	44,201	19,536	-24,665
6	10243	25V-10243	6186860	319334,16	53,03	28,338	-24,692
7	10244	25V-10244	6182884,9	317779,1	37,309	12,569	-24,74
8	1522	25S-1522	6181097,3	316799,58	29,3	4,567	-24,733
9	10245	25V-10245	6176959,9	322972,44	37,119	12,414	-24,705
10	10246	25V-10246	6171887,6	326186,03	31,42	7,693	-24,727
11	5	55V-----5	6168654	484240	119,08	95,521	-23,868
12	255	55S--255	6153734,909	487021,356	113,666	90,053	-23,613
13	323	54S--323	6149054,163	488461,818	109,496	85,861	-23,635
14	10170	54V-10170	6144224,759	490348,872	99,278	75,599	-23,678
15	10173	54V-10173	6137087,581	494036,614	84,767	61,007	-23,759
16	10175	54V-10175	6128634,100	499892,74	67,091	43,267	-23,824
17	10176	64V-10176	6115258,1	509678,02	85,11	61,022	-24,088
18	10178	64V-10178	6114029,535	510672,787	88,620	64,522	-24,098
19	10180	64V-10180	6110121,618	515045,257	92,514	68,383	-24,131
20	312	64V--312	6107024	517402	94,41	70,157	-24,253

Pagal 20-ties identiškų taškų (**3 pav.**) elipsoidinių aukščių H_e ir normalinių aukščių H_n išmatuotas reikšmės (**5 lentelė**), yra paskaičiuojami prognozinio modelio parametrai, taikant 5-ių komponentų variantą, kurie pateikti šioje lentelėje:

6 lentelė. Parametrų vektoriaus T_s komponentų reikšmės, taikant 5 parametrų modelį

Parametro simbolis	5-ių parametrų modelio variantas
T_{1x}	0,0007801
T_{2x}	0,00001980
T_{3x}	0,0000001303
T_{4x}	0,0000008472
T_{5x}	0,0000003053

Panaudojus parametrus (vektoriaus T_x komponentės) prognozės modeliui sudaryti, skaičiuosime normalinius prognozinis aukščius 20-ties linijos Šiauliai – Jonava atkarpos Piepaliukai –Jonava (**3 pav.**) su išmatuotomis LKS-94 koordinatėmis ir elipsoidiniais aukščiais (**7 lentelė**).

7 lentelė. linijos Šiauliai – Jonava atkarpos Piepaliukai –Jonava punktai naudojami prognoziniais normaliniams aukščiams skaičiuoti

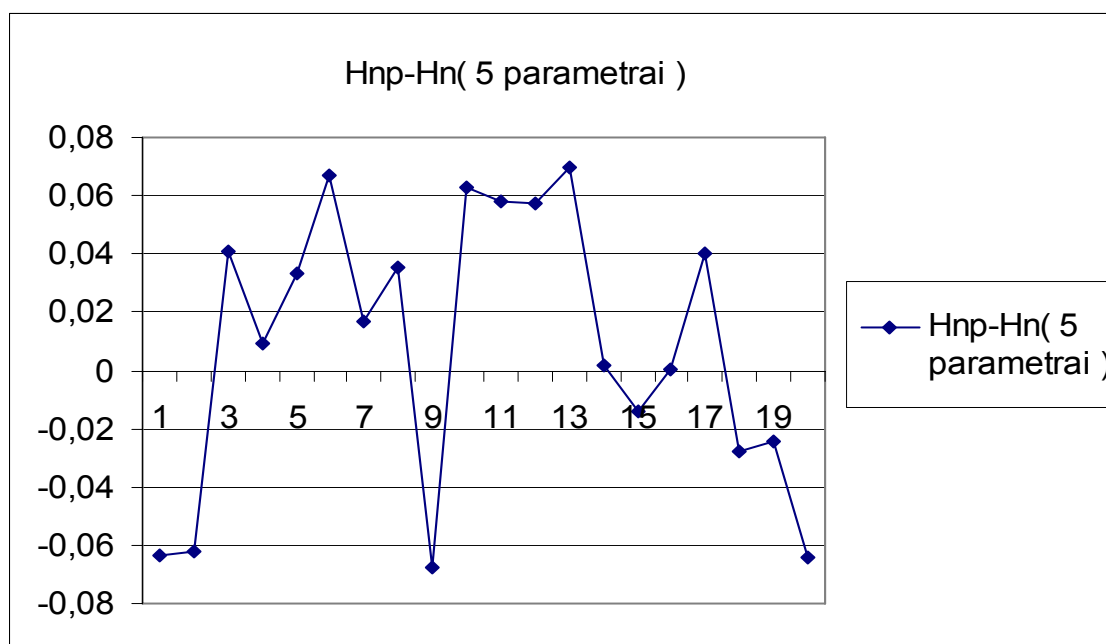
Eil.Nr	Punkto Nr.	Punkto kodas	Koordinatės (LKS 94)		Elipsoidinis aukštis H_e , m
			X, m	Y, m	
1	332	55V---332	6165219,755	484660,685	121,761
2	10167	55V-10167	6162145,649	484505,736	118,472
3	10168	55V-10168	6160304,930	484850,090	115,339
4	285	55V-285	6159122,823	485690,332	118,610
5	10169	54V-10169	6147117,501	488788,901	106,551
6	342	54V---342	6145789,266	489462,513	103,185
7	4774	54V-4774	6145543,841	489535,697	101,629
8	10171	54V-10171	6142706,711	491114,546	95,344
9	10172	54V-10172	6138181,155	493379,305	86,777
10	10174	54V-10174	6135650,213	495954,942	78,692
11	244	55S---224	6133785,380	497422,231	71,154
12	256	64V--256	6123165,638	503576,299	80,817
13	369	64V--369	6119996,487	505876,671	82,030
14	10176	64V-10176	6117471,921	507818,101	85,684
15	10177	64V-10177	6115838,082	509178,530	86,712
16	352	64V--352	6114959,455	509943,236	84,825
17	10179	64V-10179	6111964,693	512337,896	93,911
18	317	64V---317	6111081,435	513664,121	92,064
19	10181	64V-10181	6108996,789	516467,761	109,406
20	217	64V--217	6107049,888	517385,696	92,972

Prognozuojamų normalinių aukščių reikšmės, kai naudojamas 5-ių komponentių variantas yra pateiktos **8 lentelėje**. Iš normalinių aukščio skirtumo kitimo galima spręsti, kad didėjant atstumui didėja ir prognozinis normalinių aukščių skirtumas, kinta nuo 0,06997 m iki -0,06765 m, kai tuo tarpu mažėjant atstumams tarp taškų, prognozinis normalinių aukščių skirtumas kinta nuo 0,033074 m iki -0,03204 m.

8 lentelė. Normalinių aukščių prognozavimas, taikant 5-ių parametru modelį (linijos Šiauliai – Jonava atkarpa Piepaliukai - Jonava)

Taško Nr.	Punktas	Prognozuojami normaliniai aukščiai H_{np} (5 parametrai), m	Normalinis aukštis H_n , m	$H_{np}-H_n$ (5 parametrai), m
1	55V--332	98,26037	98,197	-0,06337
2	55V10167	94,92648	94,864	-0,06248

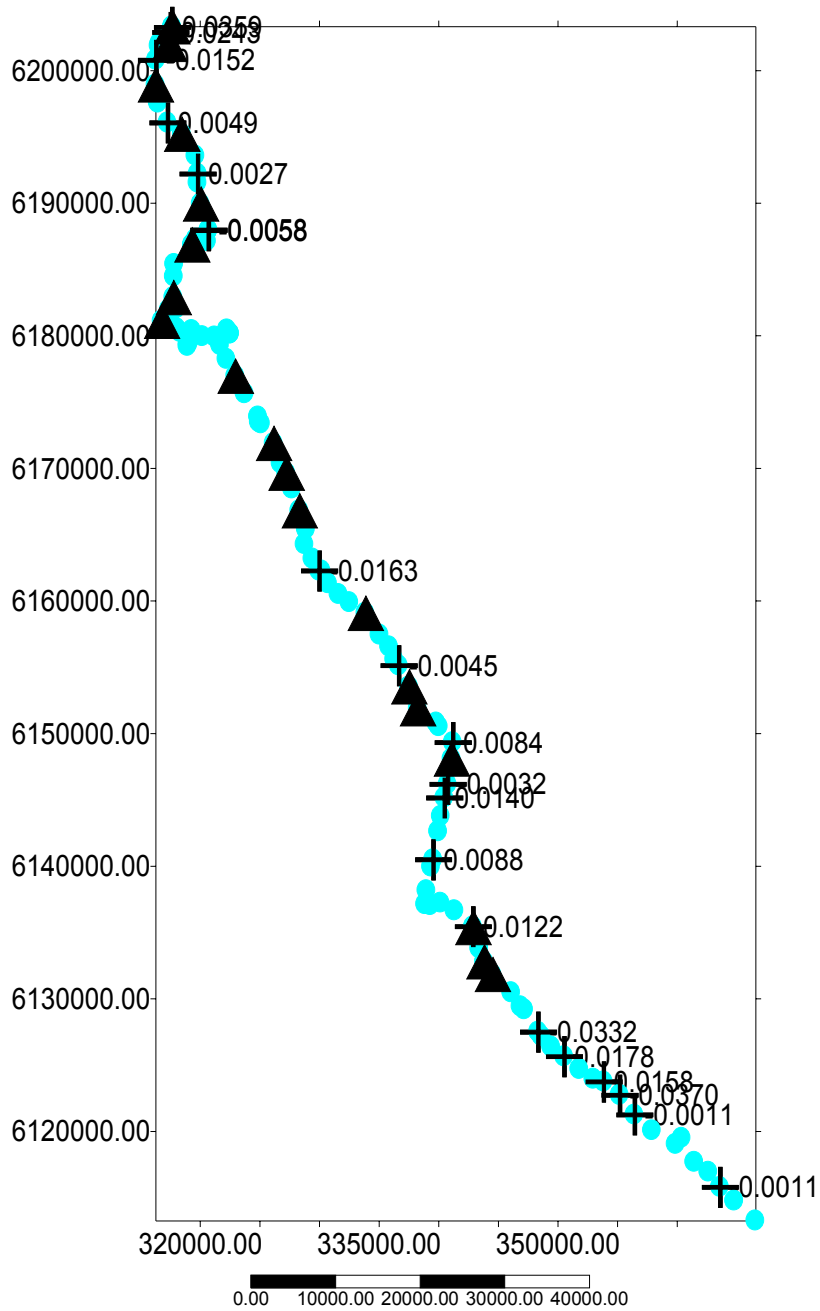
3	55V10168	91,70732	91,748	0,040676
4	55V--285	95,0149	95,024	0,009099
5	55V10169	82,74553	82,779	0,033475
6	55V--342	79,33171	79,399	0,067293
7	55V-4774	77,72541	77,742	0,016586
8	54V10171	71,41944	71,455	0,035561
9	54V10172	-63,1297	63,062	-0,06765
10	54V10174	54,80507	54,868	0,062925
11	54S--224	47,05913	47,117	0,057873
12	64V--256	56,84176	56,899	0,057243
13	64V--369	58,00503	58,075	0,06997
14	64V10176	61,6695	61,671	0,001497
15	64V10177	62,68692	62,673	-0,01392
16	64V--352	60,78153	60,782	0,000472
17	64V10179	69,78116	69,821	0,039843
18	64V--317	67,96904	67,941	-0,02804
19	64V10181	85,27163	85,247	-0,02463
20	64V--217	68,79733	68,733	-0,06433
			max	0,06997
			min	-0,06765



3 pav. Prognozinio normalinių aukščių nuokrypiai, taikant 5-ių parametų modelį (linijos Šiauliai – Jonava atkarpa Piepaliukai - Jonava)

Šiame paveiksle pavaizduotas prognozinio normalinio aukščio nuokrypis δH nuo išmatuoto normalinio aukščio H_n , atkajoje 1,2 – tame taške, 9-tame taške, ir 20-tame taške matomas didžiausias nuokrypis. Šie taškai yra labiausiai nutolę nuo prognozės modelio parametrams apskaičiuoti naudojamų taškų.

LINIJA SVENTOJI-SILUTĖ-MIKYTAI ATKARPA PALANGA-MIKYTAI

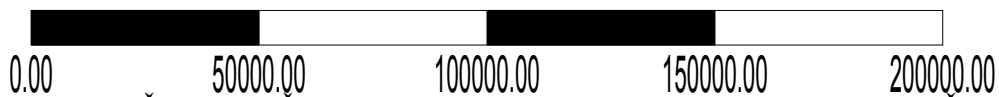
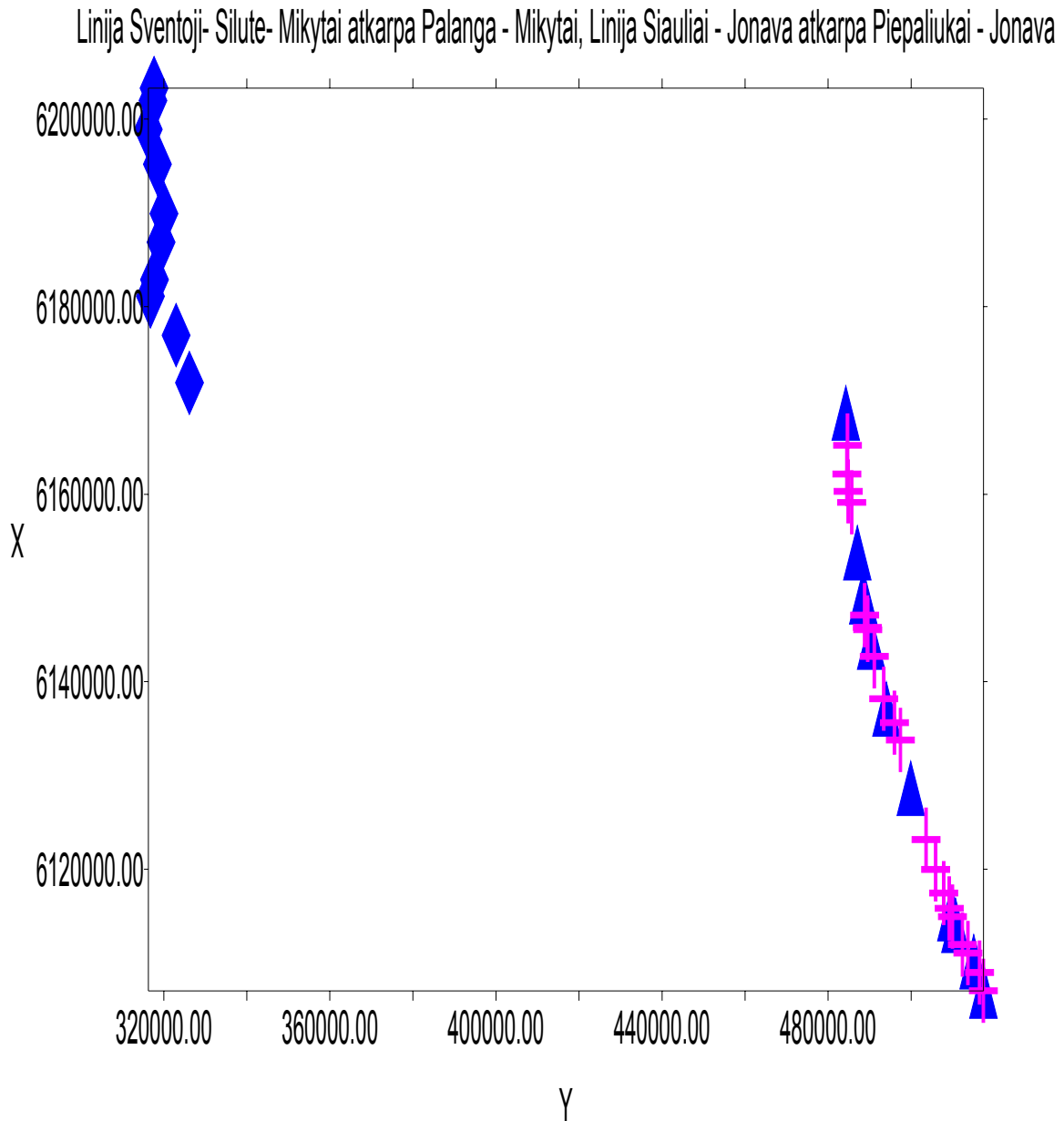


4 pav. Linijos Šventoji – Šilutė – Mikytai atkarpa Palanga Mikytai taškai naudojami skaičiavimuose

▲ Linijos Šventoji – Šilutė – Mikytai atkarpa Palanga Mikytai punktai, naudojami skaičiuoti parametrus;

✚ Linijos Šventoji – Šilutė – Mikytai atkarpa Palanga Mikytai punktai, naudojami skaičiuoti prognoziniais normaliniais aukščiams;

Linijos Šventoji – Šilutė – Mikytai atkarpa Palanga Mikytai punktai, nenaudoti skaičiavimuose.

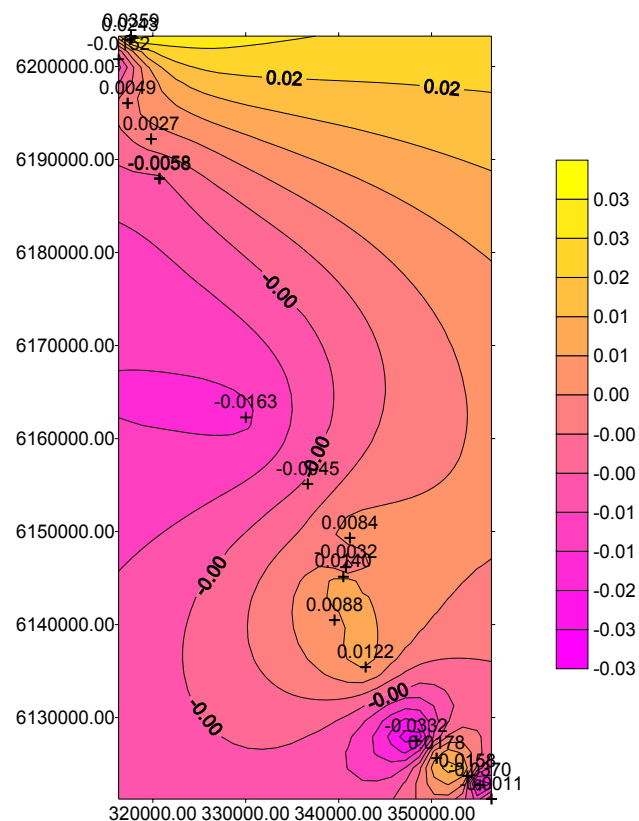


5 pav. Linijos Šventoji – Šilutė – Mikytai atkarpa Palanga Mikytai ir Linijos Šiauliai – Jonava atkarpa Piepaliukai – Jonava punktai naudojami skaičiavimuos

◆ Linijos Šventoji – Šilutė – Mikytai atkarpa Palanga Mikytai punktai, naudojami skaičiuoti parametrams;

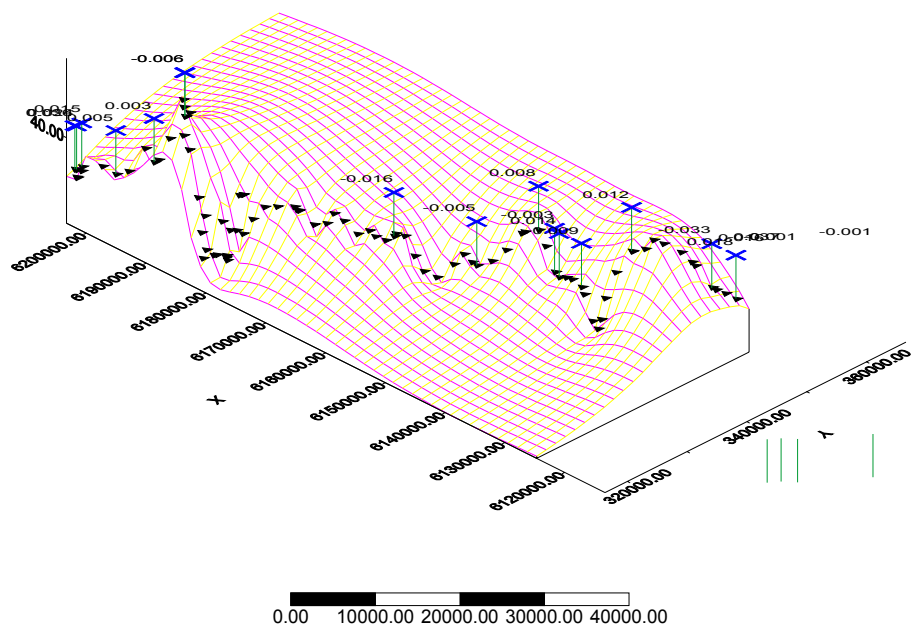
▲ Linijos Šiauliai – Jonava atkarpa Piepaliukai – Jonava punktai, naudojami skaičiuoti parametrams;

✚ Linijos Šiauliai – Jonava atkarpa Piepaliukai – Jonava punktai, naudojami skaičiuoti prognoziniais normaliniams aukščiams.



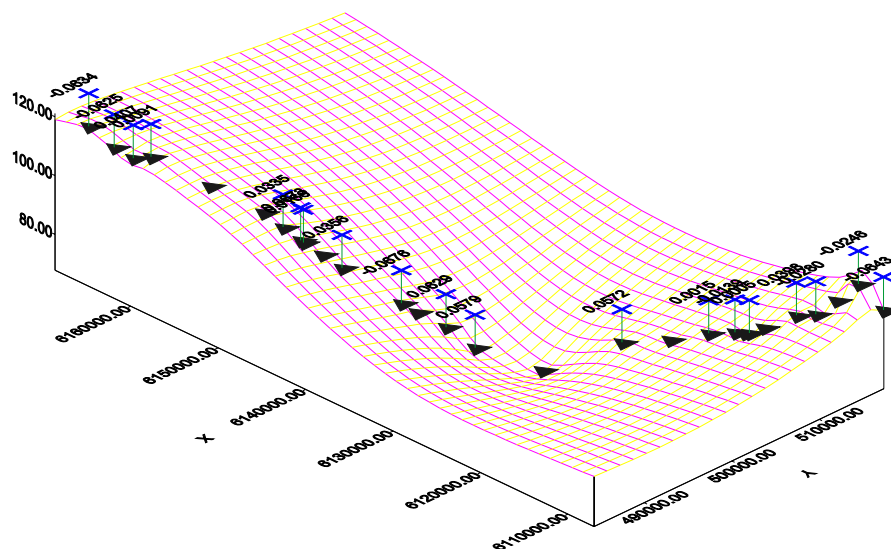
6 pav. Linijos Šventoji – Palanga – Šilutė – Mikytai atkarpos Palanga – Mikytai prognozuojamų normalinių aukščių skirtumas (taikant 5-į parametų variantą)

Linija Šventoji - Palanga - Šilutė - Mikytai atkarpa Palanga - Mikytai



7 pav. Linijos Šventoji – Palanga – Šilutė – Mikytai atkarpos Palanga – Mikytai paviršius

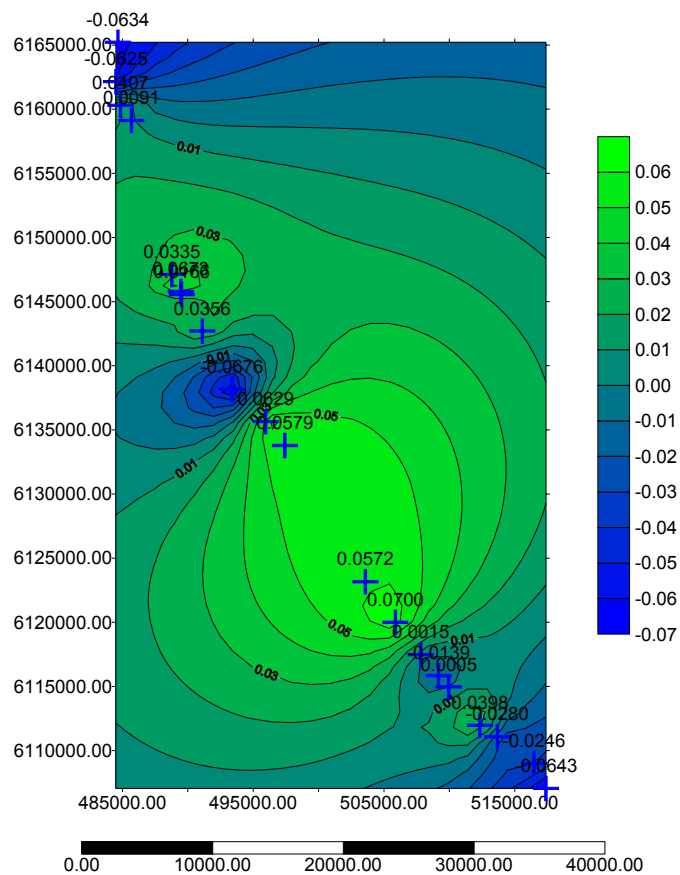
Linija Šiauliai - Jonava - atkarpa Piepaliukai - Jonava



0.00 10000.00 20000.00 30000.00 40000.00

8 pav. Linijos Šiauliai – Jonava atkarpa Piepaliukai - Jonava paviršius

Linija Šiauliai - Jonava - atkarpa Piepaliukai - Jonava



0.00 10000.00 20000.00 30000.00 40000.00

9 pav. Linijos Šiauliai – Jonava atkarpa Piepaliukai - Jonava prognozuojamų normalinių aukščių skirtumas (taikant 5-į parametų variantą)

7.2 Prognozuozės modelio sudarymas, taikant 6-ių parametrų modelį

Prognozės modelio (6.20) parametrų vektoriaus T_x reikšmėms skaičiuoti panaudosime (6.24) formulę, taikant 6-ių komponentių variantą (II priedas).

Prognozavimo modelio parametrų vektoriaus T_x reikšmėms skaičiuoti buvo panaudotas 6-ių komponentių variantas. Vektoriaus T_x komponentės buvo nustatytos apdorojus mažiausiųjų kvadratų metodu 20-ties identiškų taškų (2 pav.) elipsoidinių aukščių H_e ir normalinių aukščių H_n išmatuotas reikšmes.

Matrica A sudaryta iš blokų A_i , kai $i=20$, i – taškų skaičius, naudojamų skaičiavimuose:

$$A = \begin{pmatrix} A_1 \\ A_2 \\ \dots \\ A_i \end{pmatrix}. \quad (6.22)$$

Blokus A_i galima sudaryti šiais variantais:

$$\bullet \quad A_i = (1, x_i, y_i, x_i^2, y_i^2, x_i y_i), \quad (6.24)$$

Iš formulės (6.24) sudaromi prognozės modelio 6 – iems parametrų skaičiuoti naudojame šį variantą (6.27):

$$A_i \tilde{T}_x = x_i t_{1x} + y_i t_{2x} + x_i^2 t_{3x} + y_i^2 t_{4x} + x_i y_i t_{5x},$$

kai x, y - Lietuvos 1-os klasės vertikaliojo tinklo matavimų reperų koordinatės LKS 94 sistemoje **(1 lentelė)**;

t_{ix} – prognozavimo modelio 6- ių parametrų vektoriaus T_x komponentės.

Vektoriaus T_x komponentės buvo nustatytos apdorojus mažiausiųjų kvadratų metodu 20-ties identiškų taškų (2 pav.) elipsoidinių aukščių H_e ir normalinių aukščių H_n išmatuotas reikšmes (2 lentelė). Parametrų reikšmės pateiktos **9 lentelėje**:

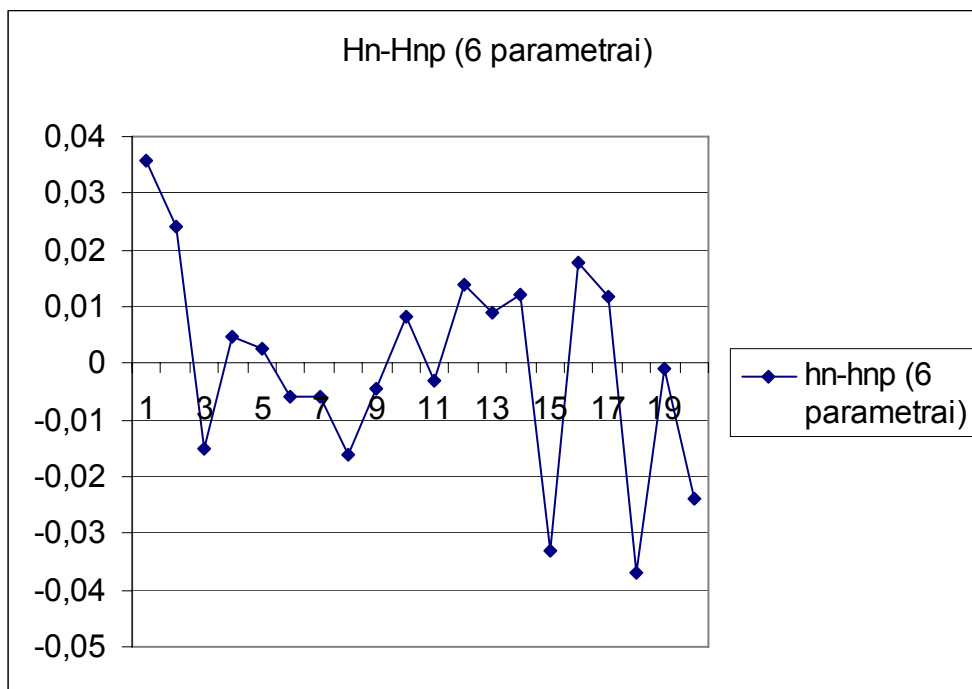
9 lentelė. Parametrų vektoriaus T_s komponentių reikšmės, taikant 6 parametrų modelį

Parametro simbolis	6-ių parametrų modelio variantas
T_{1x}	0,0495
T_{2x}	0,0008159
T_{3x}	0,00001637
T_{4x}	0,0000001378
T_{5x}	0,0000005418
T_{6x}	0,0000002679

Pagal sudarytą prognozės modelį, panaudojus parametų vektoriaus T_x komponentės, skaičiuosime normalinius prognozinis aukščius 20-ties linijos Šventoji – Palanga – Šilutė – Mikytai taškų (2 pav.) su išmatuotomis LKS-94 koordinatėmis ir elipsoidiniais aukščiais (3 lentelė).

10 lentelė. Normalinių aukščių prognozavimas, taikant 6-ių parametų modelį (linijos Šventoji – Šilutė – Mikytai atkarpa Palanga - Mikytai)

Taško Nr.	Punktas.	Prognozuojami normaliniai aukščiai Hnp (6 parametrai), m	Normalinis aukštis Hn , m	Hn-Hnp (6 parametrai), m
1	26V-0375	9,0761	9,112	0,035869
2	26V-4805	9,7677	9,792	0,024294
3	26V-4333	13,761	13,746	-0,01517
4	25V-5151	10,772	10,777	0,004858
5	25V-0474	14,441	14,444	0,002735
6	25V10242	30,956	30,950	-0,00578
7	25V-0166	30,314	30,308	-0,00581
8	25V10249	12,147	12,131	-0,01625
9	25V10251	5,1605	5,156	-0,00453
10	25V10252	5,2216	5,230	0,00838
11	24V10255	16,517	16,514	-0,00323
12	24V10257	6,496	6,510	0,014042
13	24V10258	8,9642	8,973	0,008836
14	24V-6218	18,641	18,653	0,012247
15	24V10261	10,452	10,419	-0,03319
16	34V10262	9,7582	9,776	0,017795
17	34V10264	10,253	10,265	0,011812
18	34V10265	15,825	15,788	-0,03698
19	34V10266	12,412	12,411	-0,00108
20	34V10268	13,339	13,315	-0,02389
			max	0,035869
			min	-0,03698



10 pav. Prognozinio normalinių aukščių nuokrypiai, taikant 6-ių parametų modelį (linijos Šventoji – Šilutė – Mikytai atkarpa Palanga - Mikytai)

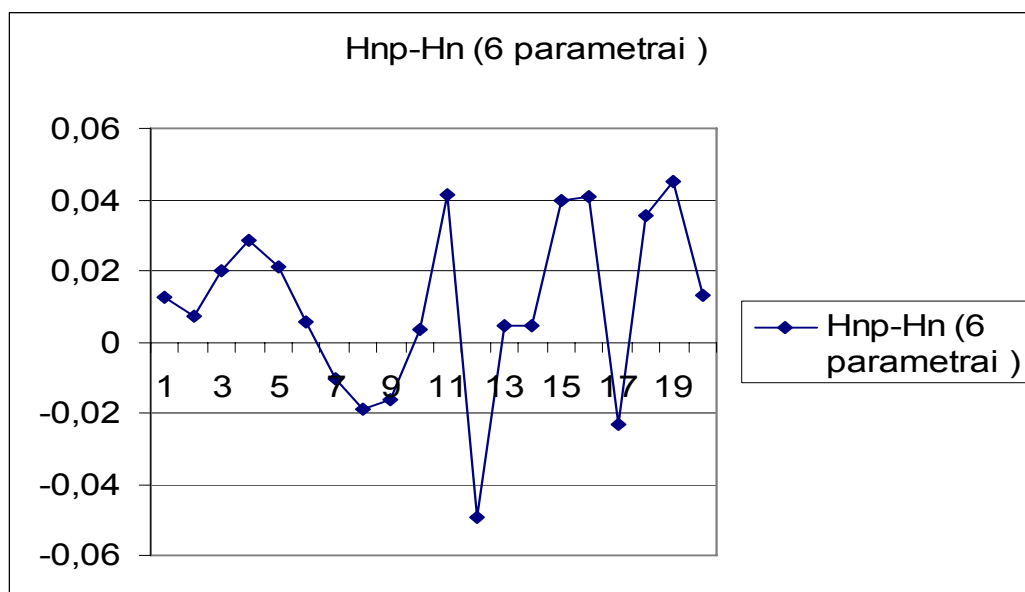
Parametrms skaičiuoti paimami taškai iš dviejų linijų: 10 taškų (linijos Šventoji – Palanga – Šilutė – Mikytai) ir 10 taškų (linijos Šiauliai – Jonava atkarpos Piepaliukai –Jonava) (**3 pav.**) su išmatuotomis LKS-94 koordinatėmis ir elipsoidiniais aukščiais elipsoidiniais aukščiais H_e ir normaliniais aukščiais H_n išmatuotas reikšmes (**5 lentelė**).

Šiuo atveju parametų vektoriaus T_x reikšmėms skaičiuoti buvo panaudotas 6-ių komponentų variantas. Abiejų linijų taškai imami kaip atraminiai, panaudojami parametrams nustatyti.

Prognozuojamų normalinių aukščių reikšmės, kai naudojamas 6-ių komponentų variantas yra pateiktos **11 lentelėje**. Iš normalinių aukščio skirtumo kitimo galima spręsti, kad didėjant atstumui didėja ir prognozių normalinių aukščių skirtumas, kinta nuo 0,045101 m iki -0,04952 m, kai tuo tarpu mažėjant atstumams tarp taškų, prognozių normalinių aukščių skirtumas kinta nuo 0,035869 m iki -0,03698 m.

11 lentelė. Normalinių aukščių prognozavimas, taikant 6-ių parametų modelį (linijos Šiauliai – Jonava atkarpa Piepaliukai - Jonava)

Taško Nr.	Punktas	Prognozuojami normaliniai aukščiai Hnp (6 parametrai), m	Normalinis aukštis Hn, m	Hnp-Hn (6 parametrai), m
1	55V--332	98,18438	98,197	0,012623
2	55V10167	94,75659	94,764	0,007407
3	55V10168	91,62778	91,648	0,020224
4	55V--285	94,99557	95,024	0,028428
5	55V10169	82,85805	82,879	0,020946
6	55V--342	79,49315	79,499	0,005854
7	55V-4774	77,95258	77,942	-0,01058
8	54V10171	71,67373	71,655	-0,01873
9	54V10172	63,0784	63,062	-0,0164
10	54V10174	54,96459	54,968	0,003415
11	54S--224	47,37547	47,417	0,041526
12	64V--256	56,94852	56,899	-0,04952
13	64V--369	58,07043	58,075	0,004572
14	64V10176	61,66661	61,671	0,004392
15	64V10177	62,63303	62,673	0,039966
16	64V--352	60,74095	60,782	0,041048
17	64V10179	69,74445	69,721	-0,02345
18	64V--317	67,90552	67,941	0,035475
19	64V10181	85,2019	85,247	0,045101
20	64V--217	68,72003	68,733	0,012971
			max	0,045101
			min	-0,04952



11 pav. Prognozinė normalinių aukščių nuokrypių, taikant 6-ių parametų modelį (linijos Šiauliai – Jonava atkarpa Piepaliukai - Jonava)

7.3 Prognozuozės modelio sudarymas, taikant 7-ių parametų modelį

Prognozės modelio (6.20) parametų vektoriaus T_x reikšmėms skaičiuoti panaudosime (6.25) formulę, taikant 7-ių komponentių variantą (III priedas).

Prognozavimo modelio parametų vektoriaus T_x reikšmėms skaičiuoti buvo panaudotas 6-ių komponentių variantas. Vektoriaus T_x komponentės buvo nustatytos apdorojus mažiausiųjų kvadratų metodu 20-ties identiškų taškų (4 pav.) elipsoidinių aukščių H_e ir normalinių aukščių H_n išmatuotas reikšmes.

Matrica A sudaryta iš blokų A_i , kai $i=20$, i – taškų skaičius, naudojamų skaičiavimuose:

$$A = \begin{pmatrix} A_1 \\ A_2 \\ \dots \\ A_i \end{pmatrix}. \quad (6.22)$$

Blokus A_i galima sudaryti šiais variantais:

$$\bullet \quad A_i = (x_i, y_i, x_i^2, y_i^2, x_i y_i, x_i y_i^2, x_i^2 y_i), \quad (6.24)$$

Iš formulės (6.25) sudaromi prognozės modelio 7 – iems parametrams skaičiuoti naudojame šį variantą (6.28):

$$A_i \tilde{T}_x = x_i t_{1x} + y_i t_{2x} + x_i^2 t_{3x} + y_i^2 t_{4x} + x_i y_i t_{5x} + x_i^2 y_i t_{6x} + x_i y_i^2 t_{7x},$$

kai x, y - Lietuvos 1-os klasės vertikaliojo tinklo matavimų reperių koordinatės LKS 94 sistemoje (1 lentelė);

t_{ix} – prognozavimo modelio 7- ių parametų vektoriaus T_x komponentės.

Parametų vektoriaus T_x komponentės, nustatytos apdorojus mažiausiųjų kvadratų metodu 20-ties linijos Šventoji – Šilutė – Mikytai atkarpa Palanga - Mikytai identiškų taškų (4 pav.) elipsoidinių aukščių H_e ir normalinių aukščių H_n išmatuotas reikšmes (2 lentelė). Parametų reikšmės yra pateiktos 12 lentelėje:

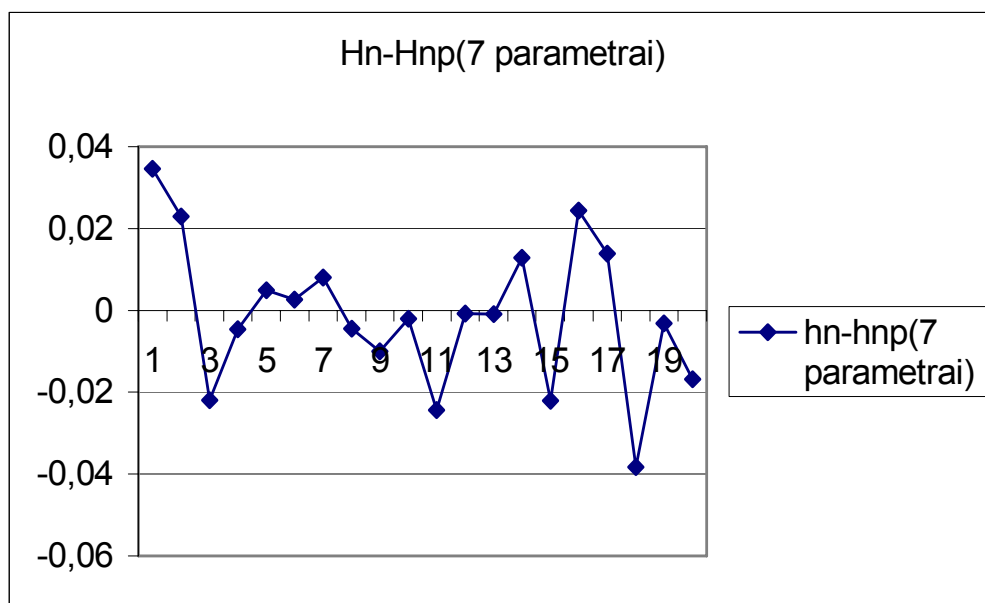
12 lentelė. Parametų vektoriaus T_s komponentių reikšmės, taikant 7 parametų modelį

Parametro simbolis	7-ių parametų modelio variantas
T_{1x}	0,0008159
T_{2x}	0,00001637
T_{3x}	0,0000001378
T_{4x}	0,0000005418
T_{5x}	0,0000002679
T_{6x}	0,000000004501
T_{7x}	0,000000008809

Pagal sudarytą prognozės modelį, panaudojus parametų vektoriaus T_x komponentės, apskaičiuosime normalinius prognozinis aukščius 20-ties linijos Šventoji – Palanga – Šilutė – Mikytai taškų (**2 pav.**), su išmatuotomis LKS-94 koordinatėmis ir elipsoidiniais aukščiais, prognoziniai normaliniai aukščiai pateikti (**13 lentelė**).

13 lentelė. Normalinių aukščių prognozavimas, taikant 7-ių parametų modelį (linijos Šventoji – Šilutė – Mikytai atkarpa Palanga - Mikytai)

Taško Nr.	Punktas	Prognozuojami normaliniai aukščiai Hnp (7 parametrai), m	Normalinis aukštis Hn, m	Hn-Hnp (7 parametrai), m
1	26V-0375	9,0775	9,112	0,034544
2	26V-4805	9,769	9,792	0,02296
3	26V-4333	13,768	13,746	-0,02187
4	25V-5151	10,782	10,777	-0,00459
5	25V-0474	14,439	14,444	0,004953
6	25V10242	30,947	30,950	0,002639
7	25V-0166	30,3	30,308	0,008082
8	25V10249	12,135	12,131	-0,00439
9	25V10251	5,166	5,156	-0,01001
10	25V10252	5,2321	5,230	-0,00209
11	24V10255	16,538	16,514	-0,02438
12	24V10257	6,5108	6,510	-0,00082
13	24V10258	8,9739	8,973	-0,00091
14	24V-6218	18,64	18,653	0,012929
15	24V10261	10,441	10,419	-0,02208
16	34V10262	9,7516	9,776	0,024401
17	34V10264	10,251	10,265	0,013916
18	34V10265	15,826	15,788	-0,03824
19	34V10266	12,414	12,411	-0,00311
20	34V10268	13,332	13,315	-0,01683
			max	0,034544
			min	-0,03824



12 pav. Prognozinių normalinių aukščių nuokrypiai, taikant 7-ių parametų modelį (linijos Šventoji – Šilutė – Mikytai atkarpa Palanga - Mikytai)

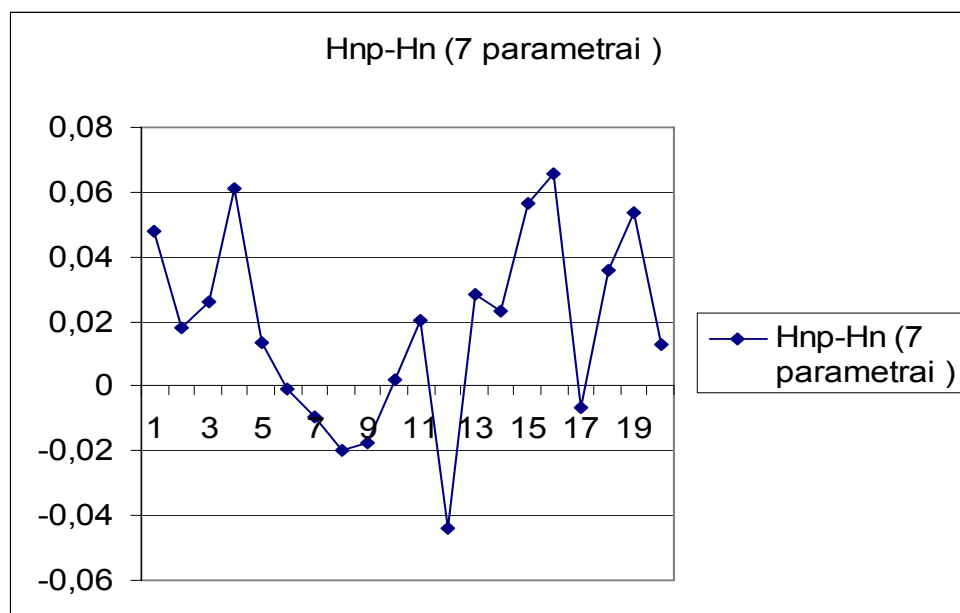
Parametrms skaičiuoti paimami taškai iš dviejų linijų: 10 taškų (linijos Šventoji – Palanga – Šilutė – Mikytai) ir 10 taškų (linijos Šiauliai – Jonava atkarpos Piepaliukai –Jonava) (**5 pav.**) su išmatuotomis LKS-94 koordinatėmis ir elipsoidiniais aukščiais elipsoidinias aukščiais H_e ir normaliniais aukščiais H_n išmatuotas reikšmės (**5 lentelė**). Šiuo atveju parametų vektoriaus T_x reikšmėms skaičiuoti buvo panaudotas 7-ių komponentų variantas. Abiejų linijų taškai imami kaip atraminiai, panaudojami parametrms nustatyti.

Prognozuojamų normalinių aukščių reikšmės, kai naudojamas 7-ių komponentų variantas yra pateiktos **14 lentelėje**. Iš normalinių aukščio skirtumo kitimo galima spręsti, kad didėjant atstumui didėja ir prognozinių normalinių aukščių skirtumas, kinta nuo 0,065851m iki -0,04405m, kai tuo tarpu mažėjant atstumams tarp taškų, prognozinių normalinių aukščių skirtumas kinta nuo 0,034544 m iki --0,03824m.

14 lentelė. Normalinių aukščių prognozavimas, taikant 7-ių parametų modelį (linijos Šiauliai – Jonava atkarpa Piepaliukai - Jonava)

Taško Nr.	Punktas	Prognozuojami normaliniai aukščiai Hnp (7 parametrai), m	Normalinis aukštis Hn, m	Hnp-Hn (7 parametrai), m
1	55V--332	98,14899	98,197	0,048011
2	55V10167	94,74575	94,764	0,01825
3	55V10168	91,6217	91,648	0,026303
4	55V--285	94,96286	95,024	0,061136
5	55V10169	82,86574	82,879	0,013264
6	55V--342	79,49979	79,499	-0,00079

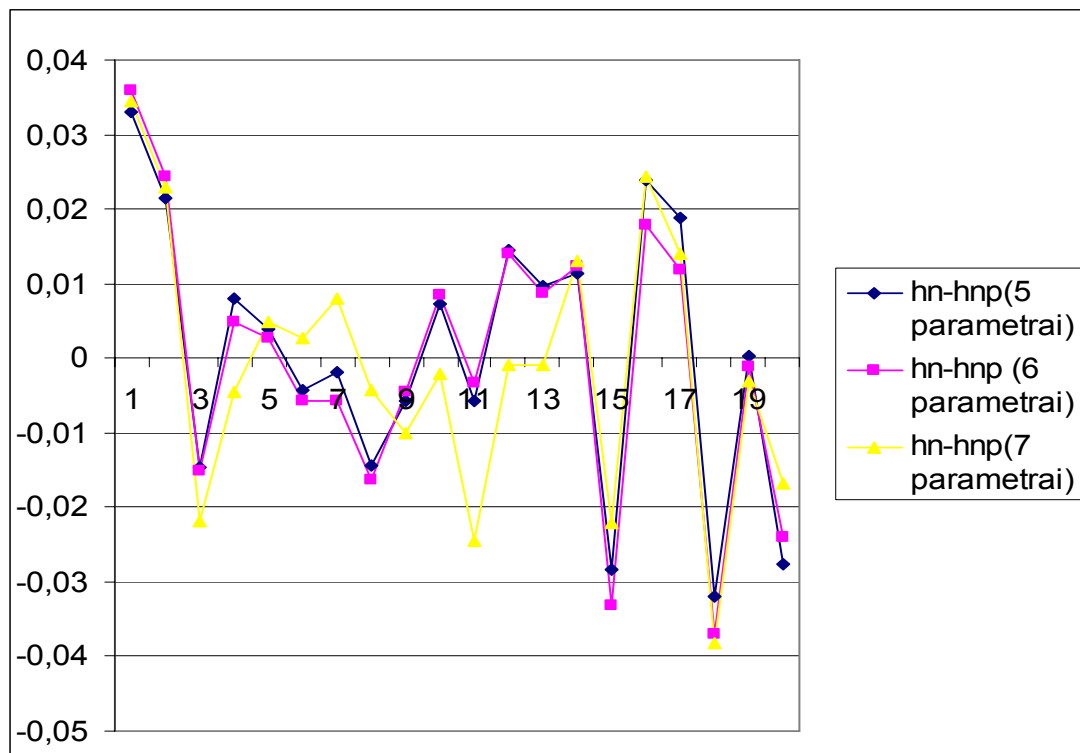
7	55V-4774	77,95154	77,942	-0,00954
8	54V10171	71,67472	71,655	-0,01972
9	54V10172	63,07959	63,062	-0,01759
10	54V10174	54,96616	54,968	0,001844
11	54S--224	47,39691	47,417	0,020085
12	64V--256	56,94305	56,899	-0,04405
13	64V--369	58,0469	58,075	0,028095
14	64V10176	61,64789	61,671	0,023106
15	64V10177	62,61681	62,673	0,056193
16	64V--352	60,71615	60,782	0,065851
17	64V10179	69,72779	69,721	-0,00679
18	64V--317	67,90532	67,941	0,035684
19	64V10181	85,1935	85,247	0,053503
20	64V--217	68,71986	68,733	0,013142
			max	0,065851
			min	-0,04405



13 pav. Prognozinių normalinių aukščių nuokrypiai, taikant 7-ių parametru modelį (linijos Šiauliai – Jonava atkarpa Piepaliukai - Jonava)

15 lentelė. Normalinių aukščių prognozavimas, taikant 5-ių, 6-ių, 7-ių parametrų modelį (linijos Šventoji – Šilutė – Mikytai atkarpa Palanga - Mikytai)

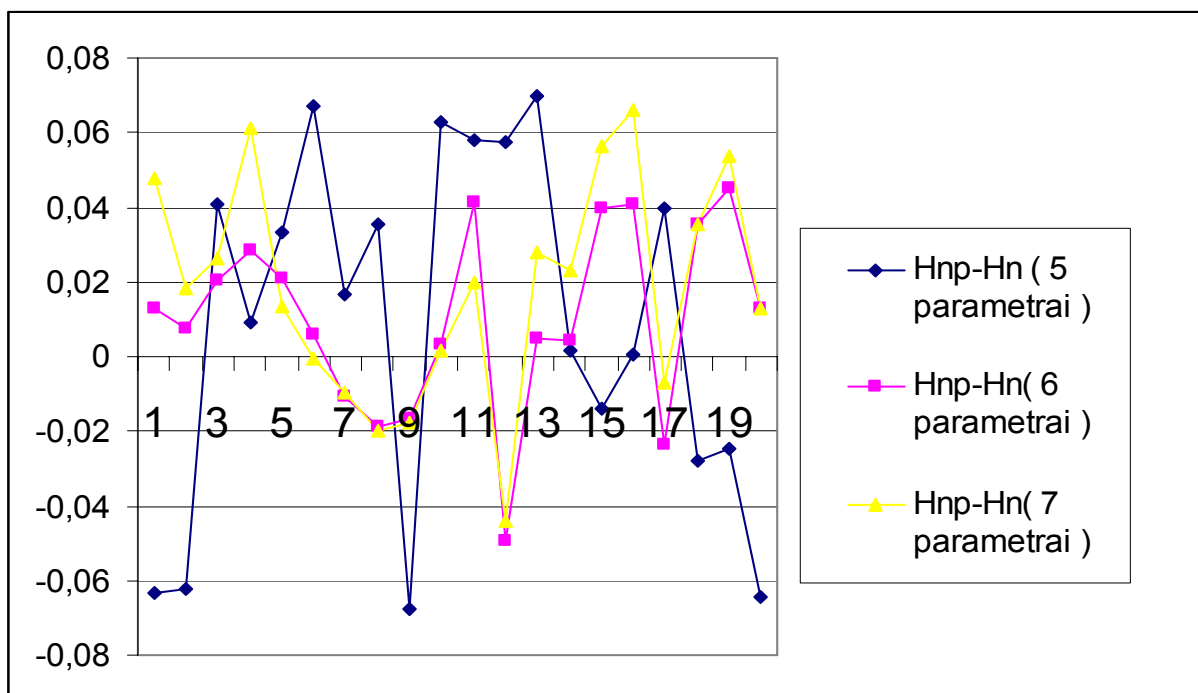
Eil.Nr.	Punktas	Hnp-Hn (5 parametrai),m	Hnp-Hn (6 parametrai),m	Hnp-Hn (7 parametrai),m
1	26V-0375	0,0331	0,035869	0,034544
2	26V-4805	0,0216	0,024294	0,02296
3	26V-4333	-0,015	-0,01517	-0,02187
4	25V-5151	0,0081	0,004858	-0,00459
5	25V-0474	0,004	0,002735	0,004953
6	25V10242	-0,004	-0,00578	0,002639
7	25V-0166	-0,002	-0,00581	0,008082
8	25V10249	-0,014	-0,01625	-0,00439
9	25V10251	-0,006	-0,00453	-0,01001
10	25V10252	0,0073	0,00838	-0,00209
11	24V10255	-0,006	-0,00323	-0,02438
12	24V10257	0,0146	0,014042	-0,00082
13	24V10258	0,0097	0,008836	-0,00091
14	24V-6218	0,0113	0,012247	0,012929
15	24V10261	-0,028	-0,03319	-0,02208
16	34V10262	0,024	0,017795	0,024401
17	34V10264	0,0188	0,011812	0,013916
18	34V10265	-0,032	-0,03698	-0,03824
19	34V10266	0,0002	-0,00108	-0,00311
20	34V10268	-0,028	-0,02389	-0,01683



14 pav. Prognozinių normalinių aukščių nuokrypiai, taikant 5-ių, 6-ių, 7-ių parametrų modelį (linijos Šventoji – Šilutė – Mikytai atkarpa Palanga - Mikytai)

16 lentelė. Normalinių aukščių prognozavimas, taikant 5-ių, 6-ių, 7-ių parametų modelį (linijos Šiauliai – Jonava atkarpa Piepaliukai - Jonava)

Eil.Nr.	Punktas	Hnp-Hn (5 parametrai),m	Hnp-Hn (6 parametrai),m	Hnp-Hn (7 parametrai),m
1	55V--332	-0,06337	0,012623	0,048011
2	55V10167	-0,06248	0,007407	0,01825
3	55V10168	0,040676	0,020224	0,026303
4	55V--285	0,009099	0,028428	0,061136
5	55V10169	0,033475	0,020946	0,013264
6	55V--342	0,067293	0,005854	-0,00079
7	55V-4774	0,016586	-0,01058	-0,00954
8	54V10171	0,035561	-0,01873	-0,01972
9	54V10172	-0,06765	-0,0164	-0,01759
10	54V10174	0,062925	0,003415	0,001844
11	54S--224	0,057873	0,041526	0,020085
12	64V--256	0,057243	-0,04952	-0,04405
13	64V--369	0,06997	0,004572	0,028095
14	64V10176	0,001497	0,004392	0,023106
15	64V10177	-0,01392	0,039966	0,056193
16	64V--352	0,000472	0,041048	0,065851
17	64V10179	0,039843	-0,02345	-0,00679
18	64V--317	-0,02804	0,035475	0,035684
19	64V10181	-0,02463	0,045101	0,053503
20	64V--217	-0,06433	0,012971	0,013142



15 pav. Normalinių aukščių nuokrypiai, taikant 5-ių, 6-ių, 7-ių parametų modelį (linijos Šiauliai – Jonava atkarpa Piepaliukai - Jonava)

Išanalizavus gautus rezultatus, gautaisiais prognozinių normalinių aukščių H_{ns} reikšmes ir nuokrypiai δH nuo normalinių aukščių H_n galima pastebėti, kad nuokrypiai nuo normalinių didėja, didėjant parametų skaičiui.

Panaudojant ir aukštesnės eilės polinominių koeficientų (6.28), (6.29) matricas matome kad geriausias tikslumas yra pasiekiamas skaičiuojant panaudoti 5-ių komponentių variantą, tai yra sudarant 5-ių eilių polinominių koeficientų matricą (6.27).

Prognozuojamo modelio tikslumui įvertinti panaudojami trys analizės būdai: taikant 5-os, 6-os ir 7-os eilių polinominių koeficientų matricas. Pagal 5 lentelėje pateiktus skaičiavimo rezultatus yra matyti kad tikslesni rezultatai yra gaunami taikant 5-os eilės polinominių koeficientų matricas. Taigi, prognozės modeliui nustatyti tikslinga panaudoti 5-os eilės polinominių koeficientų matricas.

Prognozinių normalinių aukščių H_{np} tikslumas įvertinamas skaičiuojant standartinio nuokrypio įverčius:

$$m_H = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{20} (\delta H)^2}{n-1}} . \quad (7.1)$$

kai $n = 20$ pasirinktų taškų skaičius, naudojamų skaičiavimuose

Taikant 5-ių , 6-ių, 7-ių parametų modelį, kai parametrams skaičiuoti punktai buvo paimti toje pačioje linijoje Šventoji – Šilutė – Mikytai atkarpa Palanga – Mikytai , gavome:

- $m_H = 0,018$ m.

Taikant 5-ių , 6-ių, 7-ių parametų modelį, kai parametrams skaičiuoti punktai buvo paimti iš dviejų linijų - 10 punktų iš linijos Šventoji – Šilutė – Mikytai atkarpa Palanga – Mikytai ir 10 punktų iš linijos Šiauliai – Jonava atkarpa Piepaliukai – Jonava (kai tarp linijų atstumas apytiksliai apie 160 km), gavome:

- $m_H = 0,062$ m, kai naudojami 5 parametrai;
- $m_H = 0,063$ m, kai naudojami 6 parametrai;
- $m_H = 0,067$ m, kai naudojami 7 parametrai;

8. Prognozuojamų normalinių aukščių klaidų modelis

Prognozinio modelio parametrų reikšmės nustatomos kolokacijos metodu apdorojant išmatuotų elipsoidinių ir normalinių aukščių reikšmes. Parametrų reikšmės nustatomos tik tam tikriems regionams, nes jos priklauso nuo kvazigeoido paviršiaus kitimo. Modelį reikia sudaryti tiems regionams, kuriuose kvazigeoido paviršius kinta reguliariai. Taikant prognozavimo modelį tokiems regionams, kurių skaitmeninis geoido modelis staigiai kinta gaunamos didelės prognozinio normalinių aukščių klaidos.

2002 m. baigtas geodezinio vertikaliojo pirmosios klasės tinklo antrojo poligono linijų punktų precizinis niveliavimas. Gautas 12 mm aukščių nesąryšis.[12] Antrojo poligono punktų normaliniai aukščiai neišlyginti. Išlyginimas bus atliktas baigus precizinį niveliavimą pirmajame, trečiajame ir ketvirtajame vertikaliojo tinklo poligonuose. Linijų Šventoji – Šilutė – Mikytai (atkarpa Palanga – Mikytai) ir Šiauliai – Mažeikiai – Šventoji (atkarpa Lūšė – Šventoji) punktų preliminarūs normaliniai aukščiai apskaičiuoti pradiniu priėmus atraminio punkto 10201 Mikytuose normalinio aukščio reikšmę iš 2001 m. matavimų. 2003 metais niveliuotų punktų normalinių aukščių reikšmės apskaičiuotos kaip kabančiojo ėjimo.

Atlikus precizinės niveliacijos tikslumo įvertinimą pagal dvigubų matavimų nesutapimus, 2002–2003 m. matavimų atkarpų tarp atraminių punktų vieno kilometro ilgio ėjimo aukščių skirtumo vidutinės kvadratinės paklaidos yra 0,24–0,50 mm ribose.[12]

Vertikaliojo tinklo linijose Šiauliai – Jonava (atkarpa Piepaliukai – Jonava), Šventoji – Šilutė – Mikytai (atkarpa Palanga – Mikytai) ir Šiauliai – Mažeikiai – Šventoji (atkarpa Lūšė – Šventoji) įvertintas sunkio lauko ekvipotencialinių paviršių antilygiagretumas taikant Helmerto ir GRS 80 normaliuosius sunkio laukus.[12]

Skaičiuojant prognozinio normalinius aukščius Linijų Šventoji – Šilutė – Mikytai, didžiausios klaidos yra tuose taškuose, kuriuose geoido aukštis gerokai skiriasi nuo modelio parametrams skaičiuoti, panaudotų taškų normalinių ir elipsoidinių aukščių skirtumų. Todėl kad išvengti tokių klaidų reikia prognozavimo modeliui nustatyti naudotitokius regionus, kuriuose geoidas kinta reguliariai.

Panaudojant ir aukštesnės eilės polinominių koeficientų (6.28), (6.29) matricas matome kad geriausias tikslumas yra pasiekiamas skaičiuojant panaudoti 5-ių komponentų variantą, tai yra sudarant 5-ių eilių polinominių koeficientų matricą.

Prognozuojamo modelio tikslumui įvertinti panaudojami trys analizės būdai: taikant 5-os, 6-os ir 7-os eilių polinominių koeficientų matricas. Pagal 5 lentelėje pateiktus skaičiavimo rezultatus yra matyti kad tikslesni rezultatai yra gaunami taikant 5-os eilės polinominių koeficientų matricas. Taigi, prognozės modeliui nustatyti tikslinga panaudoti 5-os eilės polinominių koeficientų matricas.

Prognozuojamų normalinių aukščių vektoriaus H_{ns} (pagal 6.20 išraišką) tikslumas įvertinamas kovariacijų matrica K_{Hns} , kuria galima užrašyti tokiu matematiniu pavidalu, panaudojant 6.21 išraišką.

Kovariacijos matricos dedamosios yra :

$$K_{Hns} = K_{H_e} - K \begin{pmatrix} H_e \\ \tilde{T}_x \end{pmatrix} A_S^T - A_S K \begin{pmatrix} \tilde{T}_x \\ H_e \end{pmatrix} + A_S K_{\tilde{T}_x} A_S^T \quad (6.22)$$

- 1) GPS metodu išmatuotų elipsoidinių aukščių kovariacijų matricos K_{H_e} įvertis K'_{H_e} nustatomas apdorojant GPS matavimų rezultatus.
- 2) Parametrų vektorius T_x ir kovariacijų matrica $K_{\tilde{T}_x}$ (pagal (6.14) pirmą išraišką), kuri įvertina apskaičiuotų parametrų reikšmių vektoriaus tikslumą, priklauso nuo kvazigeoido paviršiaus ir nuo elipsoidinių aukščių vektoriaus H_e .

Pagal mažiausiųjų kvadratų metodo formules [9], prognozuojamo modelio apskaičiuotų parametrų vektoriaus $\tilde{T}_x$ kovariacijų matrica $K_{\tilde{T}_x}$:

$$K_{\tilde{T}} = \sigma_0^2 N^{-1} = \sigma_0^2 \begin{pmatrix} Q_{11} & Q_{12} \\ Q_{21} & Q_{22} \end{pmatrix}, \text{ kai} \quad (8.1)$$

$$N \text{ atvirkštinė matrica yra lygi } N^{-1} = \begin{pmatrix} Q_{11} & Q_{12} \\ Q_{21} & Q_{22} \end{pmatrix} \text{ ir kai}$$

σ_0 - matavimo rezultato, kurio svoris lygus vienetui standartinis nuokrypis, kuris prigyginamas m_0 ir yra gaunamas iš formulės:

$$m_0^2 = \frac{1}{n-k} V^T \cdot P \cdot V \quad (8.2)$$

čia n – prognozuojamų normalinių aukščių punktų skaičius, o k – parametrų naudojamų prognozės modeliui nustatyti skaičius.

Skačiuojant pronozinius normalinius aukščius Linijų Šventoji – Šilutė – Mikytai, taikant 5-ių , 6-ių, 7-ių komponentų variantą parametrų skaičius atitinkamai lygus $k=5, 6, 7$; o punktų skaičius n yra lygus 20. Tokiu atveju pagal (8.2) formulę, kai $P=E$ (E – vienetinė matrica) gauname, kad m_0^2 bus lygus:

- 1) $m_0^2 = \frac{1}{20-5} V^T \cdot E \cdot V = 2,629 \cdot 10^{-4}$, kai naudojami 5 parametrai;
- 2) $m_0^2 = \frac{1}{20-6} V^T \cdot E \cdot V = 2,757 \cdot 10^{-4}$, kai naudojami 6 parametrai;
- 3) $m_0^2 = \frac{1}{20-7} V^T \cdot E \cdot V = 2,541 \cdot 10^{-4}$, kai naudojami 7 parametrai.

Parametrms skaičiuoti paimami taškai iš dviejų linijų: 10 taškų (linijos Šventoji – Palanga – Šilutė – Mikytai) ir 10 taškų (linijos Šiauliai – Jonava atkarpos Piepaliukai – Jonava), taikant 5-ią, 6-ią, 7-ią komponentų variantą parametų skaičius atitinkamai lygus k=5, 6, 7; o punktų skaičius n yra lygus 20. Pagal (8.2) formulę, kai P=E (E – vienetinė matrica) gauname, kad m_0^2 bus lygus:

- 1) $m_0^2 = \frac{1}{20-5} V^T \cdot E \cdot V = 1,10 \cdot 10^{-3}$, kai naudojami 5 parametrai;
- 2) $m_0^2 = \frac{1}{20-6} V^T \cdot E \cdot V = 7,042 \cdot 10^{-4}$, kai naudojami 6 parametrai;
- 3) $m_0^2 = \frac{1}{20-7} V^T \cdot E \cdot V = 2,541 \cdot 10^{-4}$, kai naudojami 7 parametrai.

Pagal (6.11) formulę ir (5) išlygintų parametų vektoriaus $\tilde{T}$ ir normalinių aukščių $\tilde{H}_n$ kovariacijų bei jų tarpusavio kovariacijų matricas gauname blokinių matricų pavidalu iš išraiškos (6.10):

$$\left. \begin{aligned} K_{\tilde{T}_x} &= \sigma_0^2 Q_{11} = m_0^2 Q_{11} \\ K_{\tilde{H}_n} &= K_{\tau_n} = \sigma_0^2 Q_{22} = m_0^2 Q_{22} \end{aligned} \right\}.$$

Taikant 5-ią, 6-ią, 7-ią komponentų variantą parametų skaičius atitinkamai lygus k=5, 6, 7; o punktų skaičius n yra lygus 20, gauname, kad $K_{\tilde{T}_x}$ (Linijai Šventoji – Šilutė – Mikytai) :

- 1) $K_{\tilde{T}_x} = m_0^2 Q_{11} = 2,629 \cdot 10^{-4} Q_{115}$, kai naudojami 5 parametrai;
- 2) $K_{\tilde{T}_x} = m_0^2 Q_{11} = 2,757 \cdot 10^{-4} Q_{116}$, kai naudojami 6 parametrai;
- 3) $K_{\tilde{T}_x} = m_0^2 Q_{11} = 2,541 \cdot 10^{-4} Q_{117}$, kai naudojami 7 parametrai.

Taikant 5-ią, 6-ią, 7-ią komponentų variantą, linijai Šiauliai – Jonava atkarpos Piepaliukai – Jonava, parametų skaičius atitinkamai lygus k=5, 6, 7; o punktų skaičius n yra lygus 20, gauname, kad $K_{\tilde{T}_x}$:

- 1) $K_{\tilde{T}_x} = m_0^2 Q_{11} = 1,10 \cdot 10^{-3} Q_{115}$, kai naudojami 5 parametrai;
- 2) $K_{\tilde{T}_x} = m_0^2 Q_{11} = 7,042 \cdot 10^{-4} Q_{116}$, kai naudojami 6 parametrai;

3) $K_{\tilde{T}_x} = m_0^2 Q_{11} = 4,847 \cdot 10^{-4} Q_{117}$, kai naudojami 7 parametrai.

Pagal formules (6.14) ir (6.16) $K \begin{pmatrix} \tilde{H}_e \\ \tilde{T} \end{pmatrix}$ parašome tokia išraiška:

$$K \begin{pmatrix} \tilde{H}_e \\ \tilde{T} \end{pmatrix} = \{AQ_{11} + UQ_{21}\};$$

Panaudodami kovariacijų matricos $K_{\tilde{T}}$ išraišką (6.10), formulę (6.14) parašome tokiu pavidalu:

$$K \begin{pmatrix} \tilde{H}_e \\ \tilde{T} \end{pmatrix} = \{AQ_{11} + UQ_{21}\}.$$

Prognozinių normalinių aukščių H_{ns} tikslumas įvertinamas kovariacijų matrica K_{Hns} :

$$K_{Hns} = K_{H_e} - K \begin{pmatrix} H_e \\ \tilde{T}_x \end{pmatrix} A_s^T - A_s K \begin{pmatrix} \tilde{T}_x \\ H_e \end{pmatrix} + A_s K_{\tilde{T}_x} A_s^T;$$

$$\text{čia } K \begin{pmatrix} H_e \\ \tilde{T}_x \end{pmatrix} = K^T \begin{pmatrix} \tilde{T}_x \\ H_e \end{pmatrix}, \quad A_s = \begin{pmatrix} A_{1s} \\ A_{2s} \\ \dots \\ A_{ns} \end{pmatrix};$$

kai A_s - prognozinės lygčių polinominių koeficientų matrica, kuri sudaroma panaudojus prognozavimo linijos Šventoji – Šilutė – Mikytai (atkarpa Palanga – Mikytai) taškų koordinatas;

K_{H_e} - GPS metodu išmatuotų elipsoidinių aukščių kovariacijų matricos įvertis K'_{H_e} nustatomas apdorojant GPS matavimų rezultatus, tam panaudojami Linijos Šventoji – Šilutė – Mikytai (atkarpa Palanga – Mikytai) ir linijos Šiauliai – Jonava atkarpos Piepaliukai – Jonava skaičiavimų duomenys. Šiuo atveju priimame, kad :

$$K_{H_e} = m_0'^2 \cdot E, \text{ kai } m_0' = 0,01.$$

Prognozinių normalinių aukščių H_{ns} tikslumas įvertinamas kovariacijų matricos įvertis K'_{Hns} . Šios matricos įstrižainiai elementai panaudojami prognozinio normalinio aukščio numatomoms vidutinėms kvadratinėms klaidoms skaičiuoti. Linijos Šventoji – Šilutė – Mikytai (atkarpa Palanga – Mikytai) ir linijos Šiauliai – Jonava atkarpos Piepaliukai – Jonava kovariacijų matricos įverčiai pateikti 17, 18, 19 ir 20, 21, 22 lentelėse:

17 lentelė. Kovariacijų matricos įvertis Linijos Šventoji – Šilutė – Mikytai (atkarpa Palanga – Mikytai), taikant 5-ių parametrų variantą

$K'_{Hs(5)}$	0,0001	7,2625E-06	1,3E-05	2,2459E-06	9,395E-06	1,2171E-05	4,404E-05
	7,263E-06	0,00011287	1,6E-05	4,5606E-06	1,033E-05	1,0391E-05	3,831E-05
	1,348E-05	1,5509E-05	0,00011	1,0442E-05	1,036E-05	3,1061E-06	1,345E-05
	2,246E-06	4,5606E-06	1E-05	0,00011017	5,29E-06	1,6562E-06	7,1E-06
	9,395E-06	1,0331E-05	1E-05	5,2902E-06	0,0001053	3,9171E-06	1,382E-05
	1,217E-05	1,0391E-05	3,1E-06	1,6562E-06	3,917E-06	0,00010077	2,484E-06
	4,404E-05	3,8315E-05	1,3E-05	7,1E-06	1,382E-05	2,4838E-06	0,0001042
	2,073E-05	1,36E-05	-1,9E-05	-2,463E-05	-4,606E-06	-5,903E-06	-4,965E-06
	6,515E-06	3,324E-06	-1,5E-05	-2,764E-05	-7,615E-06	1,8518E-06	1,866E-05
	6,686E-07	-1,028E-06	-1,1E-05	-2,343E-05	-8,991E-06	2,1722E-06	1,888E-05
	6,723E-06	5,0321E-06	-6,7E-06	-2,378E-05	-5,384E-06	7,4392E-06	3,259E-05
	7,411E-07	1,0933E-07	-1,5E-06	-1,393E-05	-8,976E-06	-5,824E-07	1,167E-05
	-6,19E-07	-7,633E-07	1,1E-06	-1,032E-05	-8,91E-06	-1,001E-06	8,657E-06
	6,825E-06	6,595E-06	1,1E-05	1,9375E-06	-1,257E-05	-1,765E-05	-2,364E-05
	1,256E-05	1,2546E-05	2E-05	9,2313E-06	-1,159E-05	-2,094E-05	-2,553E-05
	7,431E-06	8,6296E-06	1E-05	9,756E-06	3,52E-06	-4,045E-06	-7,948E-06
	-2,48E-08	1,8164E-06	5,6E-06	9,5161E-06	7,074E-06	2,2113E-06	5,994E-07
	-4,69E-06	-2,745E-06	2,9E-06	9,0403E-06	7,827E-06	5,0273E-06	5,139E-06
	-7,85E-06	-6,395E-06	-1,5E-06	6,3296E-06	5,582E-06	4,1344E-06	3,686E-06
	-3,93E-06	-6,442E-06	-4,1E-06	9,7714E-06	1,886E-06	-3,503E-06	-9,301E-06
	2,073E-05	6,5151E-06	6,7E-07	6,7232E-06	7,411E-07	-6,193E-07	6,825E-06
	1,36E-05	3,324E-06	-1E-06	5,0321E-06	1,093E-07	-7,633E-07	6,595E-06
	-1,89E-05	-1,499E-05	-1,1E-05	-6,726E-06	-1,468E-06	1,1279E-06	1,126E-05
	-2,46E-05	-2,764E-05	-2,3E-05	-2,378E-05	-1,393E-05	-1,032E-05	1,937E-06
	-4,61E-06	-7,615E-06	-9E-06	-5,384E-06	-8,976E-06	-8,91E-06	-1,257E-05
	-5,9E-06	1,8518E-06	2,2E-06	7,4392E-06	-5,824E-07	-1,001E-06	-1,765E-05
	-4,97E-06	1,866E-05	1,9E-05	3,2588E-05	1,167E-05	8,6566E-06	-2,364E-05
	0,0001447	6,7863E-05	6,1E-05	7,2641E-05	4,062E-05	3,4541E-05	-1,157E-05
	6,786E-05	0,000174	5,7E-05	7,5961E-05	2,779E-05	1,5355E-05	-4,231E-05
	6,074E-05	5,6854E-05	0,00014	5,3984E-05	1,481E-05	4,151E-06	-3,923E-05
	7,264E-05	7,5961E-05	5,4E-05	0,00018406	2,019E-05	1,7654E-06	-6,94E-05
	4,062E-05	2,7785E-05	1,5E-05	2,0186E-05	0,0001015	-4,786E-06	-1,493E-05
	3,454E-05	1,5355E-05	4,2E-06	1,7654E-06	-4,786E-06	9,197E-05	-1,897E-06
	-1,16E-05	-4,231E-05	-3,9E-05	-6,94E-05	-1,493E-05	-1,897E-06	0,0001973
	-3,18E-05	-5,884E-05	-5,3E-05	-7,584E-05	-1,913E-05	-7,67E-06	0,0001048
	-1,8E-05	-9,693E-06	-4,5E-06	1,9736E-06	9,205E-06	8,4771E-06	3,674E-05
	-1,81E-05	6,9357E-06	1,1E-05	3,7829E-05	1,589E-05	6,4431E-06	-1,039E-05
	-1,93E-05	1,4386E-05	1,7E-05	5,6587E-05	1,726E-05	2,2447E-06	-4,068E-05
	-1,38E-05	1,5198E-05	1,9E-05	5,0399E-05	1,908E-05	5,0273E-06	-2,772E-05
	-4,48E-05	8,5168E-08	9,5E-06	5,3536E-05	1,65E-05	-3,727E-06	-4,325E-05

1,256E-05	7,4313E-06	-2,5E-08	-4,69E-06	-7,849E-06	-3,932E-06
1,255E-05	8,6296E-06	1,8E-06	-2,745E-06	-6,395E-06	-6,442E-06
1,992E-05	1,0474E-05	5,6E-06	2,9021E-06	-1,545E-06	-4,091E-06
9,231E-06	9,756E-06	9,5E-06	9,0403E-06	6,33E-06	9,7714E-06
-1,16E-05	3,5196E-06	7,1E-06	7,8266E-06	5,582E-06	1,886E-06
-2,09E-05	-4,045E-06	2,2E-06	5,0273E-06	4,134E-06	-3,503E-06
-2,55E-05	-7,948E-06	6E-07	5,1393E-06	3,686E-06	-9,301E-06
-3,18E-05	-1,8E-05	-1,8E-05	-1,933E-05	-1,379E-05	-4,481E-05
-5,88E-05	-9,693E-06	6,9E-06	1,4386E-05	1,52E-05	8,5168E-08
-5,26E-05	-4,459E-06	1,1E-05	1,739E-05	1,866E-05	9,5139E-06
-7,58E-05	1,9736E-06	3,8E-05	5,6587E-05	5,04E-05	5,3536E-05
-1,91E-05	9,2048E-06	1,6E-05	1,7257E-05	1,908E-05	1,6504E-05
-7,67E-06	8,4771E-06	6,4E-06	2,2447E-06	5,027E-06	-3,727E-06
0,0001048	3,6739E-05	-1E-05	-4,068E-05	-2,772E-05	-4,325E-05
0,0002296	6,8748E-05	3E-05	4,4456E-06	5,585E-06	-6,382E-06
6,875E-05	0,00012993	3E-05	3,4337E-05	3,481E-05	8,2173E-05
3,015E-05	2,9673E-05	0,00016	8,7377E-05	7,739E-05	0,00014887
4,446E-06	3,4337E-05	8,7E-05	0,00022579	0,0001067	0,00018599
5,585E-06	3,4811E-05	7,7E-05	0,00010667	0,0001785	0,00011618
-6,38E-06	8,2173E-05	0,00015	0,00018599	0,0001162	0,00018678

18 lentelė. Kovariacijų matricos įvertis Linijos Šventoji – Šilutė – Mikytai (atkarpa Palanga – Mikytai), taikant 6-ių parametų variantą

1E-04	2,1828E-05	2,9895E-05	-1,8285E-05	9,795E-06	1,97237E-05	6,412E-06
2,1828E-05	0,00013218	1,8503E-05	-1,9918E-05	3,642E-06	5,7034E-06	3,443E-06
2,9895E-05	1,8503E-05	9,5316E-05	8,839E-06	2,036E-06	-1,2048E-05	2,159E-05
-1,828E-05	-1,992E-05	8,839E-06	0,0001399	1,43E-05	9,35367E-06	4,721E-05
9,7946E-06	3,6424E-06	2,036E-06	1,4295E-05	0,0001046	-2,0455E-07	3,024E-05
1,9724E-05	5,7034E-06	-1,205E-05	9,3537E-06	-2,045E-07	9,05001E-05	2,138E-05
6,412E-06	3,4426E-06	2,1594E-05	4,7209E-05	3,024E-05	2,1381E-05	0,0001523
-1,782E-05	-1,045E-05	3,3867E-06	1,5479E-06	1,333E-05	2,00693E-05	1,621E-05
2,0406E-05	1,4596E-05	-1,98E-05	-4,0109E-05	-1,392E-05	-6,3266E-06	4,036E-06
1,3448E-05	9,3369E-06	-1,501E-05	-3,4835E-05	-1,469E-05	-5,2966E-06	5,504E-06
2,7874E-05	2,6086E-05	-9,895E-06	-4,8577E-05	-1,492E-05	-2,9796E-06	4,706E-07
-5,13E-06	-4,734E-06	5,8305E-07	-8,0369E-06	-6,092E-06	2,7696E-06	1,763E-05
-1,019E-05	-8,513E-06	4,5897E-06	-1,1573E-06	-4,306E-06	4,57114E-06	1,823E-05
1,3262E-05	1,3965E-05	1,11E-05	-7,2763E-06	-1,524E-05	-1,9936E-05	-3,53E-05
-3,769E-05	-3,185E-05	3,3559E-05	6,0731E-05	1,153E-05	6,53643E-06	3,496E-05
-5,121E-05	-4,519E-05	2,4428E-05	7,2819E-05	3,013E-05	2,65942E-05	6,736E-05
-6,782E-05	-5,947E-05	2,3009E-05	8,1361E-05	3,789E-05	3,80806E-05	8,536E-05
-4,852E-05	-4,452E-05	1,174E-05	5,852E-05	2,764E-05	2,70515E-05	6,531E-05
7,5987E-06	-7,602E-06	-2,264E-05	1,1033E-05	-2,135E-06	-1,2088E-05	2,225E-05
2,0473E-05	2,2635E-05	-2,375E-06	-2,5981E-05	-8,981E-06	-1,2616E-05	-5,69E-05
-1,782E-05	2,0406E-05	1,3448E-05	2,7874E-05	-5,13E-06	-1,019E-05	1,326E-05
-1,045E-05	1,4596E-05	9,3369E-06	2,6086E-05	-4,734E-06	-8,5129E-06	1,397E-05
3,3867E-06	-1,98E-05	-1,501E-05	-9,8952E-06	5,831E-07	4,58969E-06	1,11E-05
1,5479E-06	-4,011E-05	-3,484E-05	-4,8577E-05	-8,037E-06	-1,1573E-06	-7,28E-06
1,3333E-05	-1,392E-05	-1,469E-05	-1,4919E-05	-6,092E-06	-4,3057E-06	-1,52E-05
2,0069E-05	-6,327E-06	-5,297E-06	-2,9796E-06	2,77E-06	4,57114E-06	-1,99E-05
1,6212E-05	4,036E-06	5,5039E-06	4,7055E-07	1,763E-05	1,8233E-05	-3,53E-05

0,00013558	6,2709E-05	5,6071E-05	5,5256E-05	4,158E-05	3,6382E-05	-1,87E-05
6,2709E-05	0,00017626	5,9143E-05	8,3928E-05	2,549E-05	1,23896E-05	-3,75E-05
5,6071E-05	5,9143E-05	0,0001422	6,1575E-05	1,295E-05	1,65694E-06	-3,48E-05
5,5256E-05	8,3928E-05	6,1575E-05	0,00020252	1,56E-05	-4,8451E-06	-6,03E-05
4,1584E-05	2,5489E-05	1,2945E-05	1,56E-05	0,0001022	-3,5131E-06	-1,63E-05
3,6382E-05	1,239E-05	1,6569E-06	-4,8451E-06	-3,513E-06	9,39549E-05	-4,52E-06
-1,873E-05	-3,753E-05	-3,485E-05	-6,0258E-05	-1,628E-05	-4,5192E-06	0,000198
-8,271E-06	-7,48E-05	-6,721E-05	-0,00011376	-1,118E-05	4,31363E-06	8,71E-05
1,4286E-05	-3,154E-05	-2,448E-05	-4,7216E-05	1,864E-05	2,34314E-05	1,691E-05
1,6846E-05	-1,789E-05	-1,174E-05	-1,86E-05	2,634E-05	2,32425E-05	-3,18E-05
9,036E-06	-3,958E-06	5,7216E-07	1,6233E-05	2,474E-05	1,45697E-05	-5,48E-05
1,7925E-05	5,9996E-06	1,0172E-05	3,995E-05	2,226E-05	1,09652E-05	-2,9E-05
-7,429E-05	1,5578E-05	2,344E-05	8,2432E-05	9,509E-06	-1,4261E-05	-3,14E-05

-3,769E-05	-5,121E-05	-6,782E-05	-4,8516E-05	7,599E-06	2,04728E-05
-3,185E-05	-4,519E-05	-5,947E-05	-4,4517E-05	-7,602E-06	2,2635E-05
3,3559E-05	2,4428E-05	2,3009E-05	1,174E-05	-2,264E-05	-2,3752E-06
6,0731E-05	7,2819E-05	8,1361E-05	5,852E-05	1,103E-05	-2,5981E-05
1,1531E-05	3,0126E-05	3,7893E-05	2,7639E-05	-2,135E-06	-8,9806E-06
6,5364E-06	2,6594E-05	3,8081E-05	2,7052E-05	-1,209E-05	-1,2616E-05
3,496E-05	6,7356E-05	8,5358E-05	6,5312E-05	2,225E-05	-5,6882E-05
-8,271E-06	1,4286E-05	1,6846E-05	9,036E-06	1,793E-05	-7,4293E-05
-7,48E-05	-3,154E-05	-1,789E-05	-3,9583E-06	6E-06	1,55785E-05
-6,721E-05	-2,448E-05	-1,174E-05	5,7216E-07	1,017E-05	2,34404E-05
-0,0001138	-4,722E-05	-1,86E-05	1,6233E-05	3,995E-05	8,24317E-05
-1,118E-05	1,864E-05	2,6344E-05	2,4737E-05	2,226E-05	9,50876E-06
4,3136E-06	2,3431E-05	2,3243E-05	1,457E-05	1,097E-05	-1,4261E-05
8,7099E-05	1,6912E-05	-3,183E-05	-5,481E-05	-2,902E-05	-3,1442E-05
0,00030077	0,00016063	0,00013455	7,9709E-05	3,323E-05	-6,7594E-05
0,00016063	0,00024648	0,00016117	0,00012775	6,447E-05	5,33691E-06
0,00013455	0,00016117	0,0003092	0,00019187	0,0001119	6,01997E-05
7,9709E-05	0,00012775	0,00019187	0,00029844	0,0001256	0,000123076
3,3226E-05	6,4465E-05	0,00011195	0,00012562	0,000153	0,00010795
-6,759E-05	5,3369E-06	6,02E-05	0,00012308	0,0001079	0,000227119

19 lentelė. Kovariacijų matricos įvertis Linijos Šventoji – Šilutė – Mikytai (atkarpa Palanga – Mikytai), taikant 7-ių parametrų variantą

K^l/Hs (7)

1E-04	2,2468E-05	2,754E-05	-4,7084E-05	3,4076E-06	3,287E-05	2,6442E-05
2,2468E-05	0,00013096	2,772E-06	-3,9226E-05	7,12E-06	1,833E-05	2,069E-05
2,754E-05	2,7719E-06	7,408E-05	8,8632E-05	2,6204E-05	-4,05E-05	-7,979E-06
-4,708E-05	-3,923E-05	8,863E-05	0,000240769	3,5986E-06	-3,19E-05	2,5313E-07
3,4076E-06	7,12E-06	2,62E-05	3,59856E-06	9,728E-05	5,092E-06	2,9304E-05
3,2867E-05	1,8334E-05	-4,05E-05	-3,187E-05	5,0925E-06	0,0001059	3,3678E-05
2,6442E-05	2,069E-05	-7,98E-06	2,5313E-07	2,9304E-05	3,368E-05	0,00016143
-3,558E-05	-2,636E-05	1,659E-06	-3,4475E-07	1,808E-05	4,478E-05	6,6914E-05
2,7936E-05	2,2502E-05	-1,02E-05	-4,6193E-05	-2,3246E-05	-1,73E-05	-1,191E-05
9,9114E-06	9,9921E-06	2,392E-05	-9,2845E-06	-2,8928E-05	-2,89E-05	-2,434E-05
4,8318E-05	4,577E-05	2,352E-05	-2,7778E-05	-3,636E-05	-5,21E-05	-8,605E-05
-1,901E-05	-1,844E-05	5,454E-05	8,34867E-05	-1,4682E-05	-4,48E-05	-3,652E-05
-2,911E-05	-2,886E-05	3,911E-05	8,79155E-05	-7,5066E-07	-2,8E-05	-1,594E-05
2,9024E-06	-2,357E-07	-4,15E-06	1,17492E-05	-1,1829E-06	-1,17E-05	-1,559E-05
-2,338E-05	-1,919E-05	1,374E-05	4,35687E-05	1,4953E-05	9,26E-06	1,9154E-05
-7,962E-06	-9,23E-06	1,362E-05	4,47041E-05	1,1168E-05	-4,33E-06	1,1849E-05

-4,015E-05	-3,229E-05	5,344E-05	8,99806E-05	1,1207E-05	-6,2E-06	1,4068E-05
-3,296E-05	-2,826E-05	4,157E-05	8,12196E-05	1,002E-05	-1,04E-05	4,1315E-06
-5,291E-06	-1,199E-05	-2,94E-06	3,78227E-05	5,3898E-06	-1,49E-05	-6,328E-07
6,2847E-06	7,0079E-06	-2,81E-05	-6,392E-05	-1,09E-06	2,9E-05	2,982E-05

-3,558E-05	2,7936E-05	9,911E-06	4,83185E-05	-1,9015E-05	-2,91E-05	2,9024E-06
-2,636E-05	2,2502E-05	9,992E-06	4,577E-05	-1,8436E-05	-2,89E-05	-2,357E-07
1,6589E-06	-1,016E-05	2,392E-05	2,35217E-05	5,4536E-05	3,911E-05	-4,147E-06
-3,448E-07	-4,619E-05	-9,28E-06	-2,7778E-05	8,3487E-05	8,792E-05	1,1749E-05
1,808E-05	-2,325E-05	-2,89E-05	-3,636E-05	-1,4682E-05	-7,51E-07	-1,183E-06
4,4776E-05	-1,73E-05	-2,89E-05	-5,2076E-05	-4,4804E-05	-2,8E-05	-1,166E-05
6,6914E-05	-1,191E-05	-2,43E-05	-8,6048E-05	-3,6515E-05	-1,59E-05	-1,559E-05
0,00022047	2,8822E-05	1,074E-05	-8,1296E-05	2,3432E-06	2,404E-05	4,1528E-07
2,8822E-05	0,00018691	7,142E-05	0,000140442	4,0475E-05	1,998E-05	-4,211E-05
1,0741E-05	7,1419E-05	0,0001658	0,000140676	6,1177E-05	3,849E-05	-3,724E-05
-8,13E-05	0,00014044	0,0001407	0,000427341	0,00010469	3,689E-05	-8,602E-05
2,3432E-06	4,0475E-05	6,118E-05	0,000104688	0,00020171	7,425E-05	-1,874E-05
2,4039E-05	1,9985E-05	3,849E-05	3,68907E-05	7,4251E-05	0,000155	-7,928E-06
4,1528E-07	-4,211E-05	-3,72E-05	-8,6017E-05	-1,8736E-05	-7,93E-06	0,00019029
2,3134E-05	-7,765E-05	-7,19E-05	-0,00017222	-3,5284E-05	-1,37E-05	0,00010198
2,0263E-05	-2,589E-05	-1,52E-05	-4,4005E-05	1,7297E-05	2,457E-05	3,9611E-05
1,5917E-05	-1,37E-05	6,586E-06	-2,3054E-06	6,2198E-05	6,037E-05	-1,617E-06
-3,079E-06	3,5191E-06	2,419E-05	4,67852E-05	6,7103E-05	5,257E-05	-3,575E-05
7,4837E-07	9,8814E-06	2,369E-05	5,34779E-05	4,2595E-05	2,797E-05	-2,686E-05
-1,32E-05	-1,577E-05	-3,34E-05	-1,6404E-05	-5,6754E-05	-5,46E-05	-3,262E-05

-2,338E-05	-7,962E-06	-4,02E-05	-3,296E-05	-5,2907E-06	6,285E-06
-1,919E-05	-9,23E-06	-3,23E-05	-2,8261E-05	-1,1992E-05	7,008E-06
1,3743E-05	1,3617E-05	5,344E-05	4,15676E-05	-2,9448E-06	-2,81E-05
4,3569E-05	4,4704E-05	8,998E-05	8,12196E-05	3,7823E-05	-6,39E-05
1,4953E-05	1,1168E-05	1,121E-05	1,00201E-05	5,3898E-06	-1,09E-06
9,2602E-06	-4,333E-06	-6,2E-06	-1,0401E-05	-1,4923E-05	2,9E-05
1,9154E-05	1,1849E-05	1,407E-05	4,13149E-06	-6,3279E-07	2,982E-05
2,3134E-05	2,0263E-05	1,592E-05	-3,0793E-06	7,4837E-07	-1,32E-05
-7,765E-05	-2,589E-05	-1,37E-05	3,5191E-06	9,8814E-06	-1,58E-05
-7,192E-05	-1,52E-05	6,586E-06	2,41871E-05	2,3687E-05	-3,34E-05
-0,0001722	-4,401E-05	-2,31E-06	4,67852E-05	5,3478E-05	-1,64E-05
-3,528E-05	1,7297E-05	6,22E-05	6,71034E-05	4,2595E-05	-5,68E-05
-1,37E-05	2,457E-05	6,037E-05	5,25663E-05	2,7972E-05	-5,46E-05
0,00010198	3,9611E-05	-1,62E-06	-3,575E-05	-2,6859E-05	-3,26E-05
0,00025389	9,296E-05	6,322E-05	2,27633E-05	1,505E-05	1,667E-05
9,296E-05	0,00014538	5,804E-05	5,37365E-05	3,871E-05	7,728E-05
6,3217E-05	5,8043E-05	0,0002149	0,000130872	9,6458E-05	0,000111
2,2763E-05	5,3737E-05	0,0001309	0,000262791	0,00012176	0,0001457
1,505E-05	3,871E-05	9,646E-05	0,000121759	0,00017739	9,787E-05
1,6667E-05	7,7279E-05	0,000111	0,000145748	9,7869E-05	0,0002322

20 lentelė. Kovariacijų matricos įvertis Linijos Šiauliai – Jonava atkarpos Piepaliukai –Jonava), taikant 5-ių parametrų variantą

0,000736	0,00062703	0,000671162	0,0006377	0,000485	0,0004999	0,00056638
0,000627	0,00071227	0,000641443	0,0006046	0,000462	0,0004668	0,00051727
0,000671	0,00064144	0,000759623	0,0005988	0,000436	0,0004314	0,00047455

K'/Hs(5)

0,000638	0,00060461	0,000598838	0,0006753	0,000423	0,0004118	0,00043565
0,000485	0,00046162	0,000435944	0,0004232	0,000444	0,000323	0,00031229
0,0005	0,00046682	0,000431407	0,0004118	0,000323	0,0003962	0,00027899
0,000566	0,00051727	0,000474545	0,0004357	0,000312	0,000279	0,00036177
0,000538	0,00048544	0,000426272	0,0004001	0,000293	0,000252	0,0002193
0,000357	0,0003345	0,000286225	0,0003156	0,000268	0,0002448	0,00021143
0,000221	0,00021871	0,000171364	0,000254	0,000252	0,0002393	0,00020066
-0,000236	-0,00019681	-0,00022815	-0,0001449	3,1E-05	2,793E-05	-2,621E-05
-0,000174	-0,00015421	-0,00015273	-0,0001525	-4,27E-05	-3,66E-05	-5,487E-05
-0,000185	-0,00015941	-0,0001137	-0,0001664	-8,02E-05	-5,49E-05	-3,519E-05
-0,000184	-0,0001622	-0,00012259	-0,0001659	-8,38E-05	-6,01E-05	-4,316E-05
-0,000163	-0,00014704	-0,00011322	-0,0001511	-8,02E-05	-5,91E-05	-4,368E-05
-0,000112	-9,0838E-05	-2,8657E-05	-9,482E-05	-5,41E-05	-2,19E-05	1,8904E-05
-0,000103	-7,6659E-05	-1,3963E-05	-5,658E-05	-1,56E-05	1,888E-05	6,1341E-05
-0,000118	-9,6443E-05	-6,5823E-05	-6,435E-05	-3,28E-06	1,889E-05	3,4778E-05
-0,000126	-0,00010813	-7,6424E-05	-7,982E-05	-2,12E-05	1,229E-06	2,0505E-05
-0,000152	-0,00012715	-9,1973E-05	-7,924E-05	-9,68E-06	1,7E-05	3,7987E-05

0,000538	0,00035736	0,000221041	-0,0002357	-0,000174	-0,000185	-0,000184
0,000485	0,0003345	0,00021871	-0,0001968	-0,000154	-0,000159	-0,0001622
0,000426	0,00028623	0,000171364	-0,0002281	-0,000153	-0,000114	-0,0001226
0,0004	0,00031563	0,000253981	-0,0001449	-0,000153	-0,000166	-0,0001659
0,000293	0,0002682	0,000252157	3,101E-05	-4,27E-05	-8,02E-05	-8,379E-05
0,000252	0,00024476	0,0002393	2,793E-05	-3,66E-05	-5,49E-05	-6,014E-05
0,000219	0,00021143	0,000200656	-2,621E-05	-5,49E-05	-3,52E-05	-4,316E-05
0,000277	0,00021747	0,000244712	2,778E-05	-3,28E-05	-1,99E-05	-2,814E-05
0,000217	0,00035186	0,000293382	0,0001796	2,39E-05	-7,05E-05	-6,076E-05
0,000245	0,00029338	0,000462778	0,0003142	6,38E-05	-0,000125	-9,945E-05
2,78E-05	0,00017961	0,000314183	0,0003383	8,32E-05	-2,96E-05	-6,132E-06
-3,28E-05	2,3921E-05	6,37638E-05	8,323E-05	0,000234	0,0001693	0,00017744
-1,99E-05	-7,0485E-05	-0,00012474	-2,961E-05	0,000169	0,0003829	0,00028545
-2,81E-05	-6,0756E-05	-9,9446E-05	-6,132E-06	0,000177	0,0002854	0,00038804
-3,24E-05	-5,1385E-05	-7,9053E-05	9,358E-06	0,000181	0,0002874	0,00028776
2,72E-05	-7,9452E-05	-0,00017891	-4,331E-05	0,000178	0,0003024	0,00029614
7,59E-05	-2,5682E-05	-0,00011594	2,836E-05	0,00019	0,0002709	0,00026057
5,56E-05	4,1931E-05	2,82447E-05	0,0001296	0,000186	0,0002122	0,00020581
3,27E-05	3,3768E-05	2,72223E-05	0,0001171	0,000204	0,0002616	0,0002504
5,97E-05	6,0246E-05	5,77832E-05	0,0001592	0,000216	0,0002439	0,0002343

-0,000163	-0,00011165	-0,00010264	-0,0001183	-0,000126	-0,000152
-0,000147	-9,0838E-05	-7,6659E-05	-9,644E-05	-0,000108	-0,000127
-0,000113	-2,8657E-05	-1,3963E-05	-6,582E-05	-7,64E-05	-9,2E-05
-0,000151	-9,4819E-05	-5,6577E-05	-6,435E-05	-7,98E-05	-7,92E-05
-8,02E-05	-5,4125E-05	-1,5602E-05	-3,284E-06	-2,12E-05	-9,68E-06
-5,91E-05	-2,1922E-05	1,88752E-05	1,889E-05	1,23E-06	1,7E-05
-4,37E-05	1,8904E-05	6,13407E-05	3,478E-05	2,05E-05	3,799E-05
-3,24E-05	2,7174E-05	7,58618E-05	5,558E-05	3,27E-05	5,968E-05
-5,14E-05	-7,9452E-05	-2,5682E-05	4,193E-05	3,38E-05	6,025E-05
-7,91E-05	-0,00017891	-0,00011594	2,824E-05	2,72E-05	5,778E-05
9,36E-06	-4,3314E-05	2,83636E-05	0,0001296	0,000117	0,0001592
0,000181	0,00017844	0,000189875	0,0001856	0,000204	0,0002156
0,000287	0,00030238	0,000270929	0,0002122	0,000262	0,0002439
0,000288	0,00029614	0,000260574	0,0002058	0,00025	0,0002343

0,000383	0,00028842	0,000244778	0,0001885	0,000226	0,0002099
0,000288	0,0003898	0,000214051	0,0001389	0,000189	0,00015
0,000245	0,00021405	0,000215669	6,248E-05	9,52E-05	5,019E-05
0,000188	0,00013888	6,24797E-05	0,0001481	5,71E-05	3,188E-05
0,000226	0,00018862	9,52457E-05	5,711E-05	0,00016	3,119E-05
0,00021	0,00014999	5,0193E-05	3,188E-05	3,12E-05	1E-04

21 lentelė. Kovariacijų matricos įvertis Linijos Šiauliai – Jonava atkarpos Piepaliukai –Jonava), taikant 6-ių parametrų variantą

K ⁱ Hs(6)	0,0008344	0,0006012	0,000525	0,00054618	0,0001694	0,0001253	9,897E-05
	0,0006012	0,0006136	0,000469	0,00047037	0,000207	0,0001789	0,0001716
	0,0005245	0,0004688	0,00055	0,00042375	0,0002389	0,0002201	0,0002267
	0,0005462	0,0004704	0,000424	0,00052425	0,0002063	0,0001793	0,0001712
	0,0001694	0,000207	0,000239	0,00020634	0,0003698	0,000286	0,0003218
	0,0001253	0,0001789	0,00022	0,00017933	0,000286	0,0004035	0,000339
	9,897E-05	0,0001716	0,000227	0,00017121	0,0003218	0,000339	0,0004745
	5,258E-05	0,0001349	0,000187	0,00013887	0,0003268	0,0003409	0,0003664
	-8,124E-06	6,904E-05	0,000115	0,00010132	0,0002721	0,0002969	0,0003277
	-5,315E-05	1,958E-05	5,38E-05	7,7011E-05	0,0002375	0,0002657	0,0002909
	-0,000505	-0,0003367	-0,00025	-0,0002291	0,0002025	0,0002415	0,0002479
	-0,000242	-0,0001794	-0,00014	-0,000155	2,347E-05	5,181E-05	7,384E-05
	-0,0002047	-0,0001572	-9,7E-05	-0,0001485	-2,66E-05	1,087E-05	5,587E-05
	-0,0001262	-0,0001121	-8E-05	-0,000117	-6,68E-05	-4,08E-05	-9,23E-06
	-5,279E-05	-6,575E-05	-5,6E-05	-8,239E-05	-9,09E-05	-7,61E-05	-5,77E-05
	-3,608E-05	-3,995E-05	-6,7E-06	-5,367E-05	-6,8E-05	-4,29E-05	-3,84E-06
	-2,378E-05	-2,389E-05	3,39E-06	-1,952E-05	-3,03E-05	-1,38E-05	7,04E-06
	2,128E-07	-1,515E-05	-2E-05	-8,733E-06	-3,39E-05	-3,27E-05	-3,97E-05
	1,302E-05	-9,042E-06	-2,3E-05	-4,752E-06	-3,84E-05	-4,82E-05	-7,33E-05
	7,919E-06	-1,326E-05	-3E-05	2,3296E-06	-3,21E-05	-4,34E-05	-7,44E-05
	5,258E-05	-8,124E-06	-5,3E-05	-0,000505	-0,000242	-0,000205	-0,000126
	0,0001349	6,904E-05	1,96E-05	-0,0003367	-0,000179	-0,000157	-0,000112
	0,0001872	0,0001147	5,38E-05	-0,000251	-0,000135	-9,69E-05	-7,96E-05
	0,0001389	0,0001013	7,7E-05	-0,0002291	-0,000155	-0,000148	-0,000117
	0,0003268	0,0002721	0,000238	0,00020246	2,347E-05	-2,66E-05	-6,68E-05
	0,0003409	0,0002969	0,000266	0,00024149	5,181E-05	1,087E-05	-4,08E-05
	0,0003664	0,0003277	0,000291	0,0002479	7,384E-05	5,587E-05	-9,23E-06
	0,0004584	0,000353	0,00034	0,00029902	0,0001019	7,912E-05	9,082E-06
	0,000353	0,0004325	0,000327	0,0003765	0,0001088	1,527E-05	-3,57E-05
	0,0003398	0,0003274	0,000442	0,00043272	0,0001145	-3,73E-05	-7,05E-05
	0,000299	0,0003765	0,000433	0,00055855	0,0002089	0,0001074	4,874E-05
	0,0001019	0,0001088	0,000115	0,00020885	0,0002352	0,0001367	0,0001088
	7,912E-05	1,527E-05	-3,7E-05	0,00010738	0,0001367	0,00029	0,0001664
	9,082E-06	-3,573E-05	-7E-05	4,8741E-05	0,0001088	0,0001664	0,00026
	-4,68E-05	-7,335E-05	-9,4E-05	-5,3E-06	8,656E-05	0,0001513	0,0001576
	6,982E-06	-7,96E-05	-0,00015	-1,901E-05	9,135E-05	0,0001642	0,0001621
	1,377E-05	-4,719E-05	-0,0001	-2,139E-05	0,0001037	0,0001599	0,0001624
	-3,339E-05	-2,801E-05	-2,6E-05	-1,851E-06	8,902E-05	0,0001169	0,0001313
	-8,107E-05	-4,353E-05	-2,7E-05	-6,725E-05	0,0001009	0,0001601	0,000181
	-7,899E-05	-3,442E-05	-1,2E-05	-6,348E-05	0,0001055	0,0001501	0,0001762

-5,279E-05	-3,608E-05	-2,4E-05	2,1279E-07	1,302E-05	7,919E-06
-6,575E-05	-3,995E-05	-2,4E-05	-1,515E-05	-9,04E-06	-1,33E-05
-5,615E-05	-6,7E-06	3,39E-06	-2,018E-05	-2,3E-05	-2,98E-05
-8,239E-05	-5,367E-05	-2E-05	-8,733E-06	-4,75E-06	2,33E-06
-9,09E-05	-6,797E-05	-3E-05	-3,394E-05	-3,84E-05	-3,21E-05
-7,61E-05	-4,29E-05	-1,4E-05	-3,271E-05	-4,82E-05	-4,34E-05
-5,772E-05	-3,84E-06	7,04E-06	-3,965E-05	-7,33E-05	-7,44E-05
-4,68E-05	6,982E-06	1,38E-05	-3,339E-05	-8,11E-05	-7,9E-05
-7,335E-05	-7,96E-05	-4,7E-05	-2,801E-05	-4,35E-05	-3,44E-05
-9,352E-05	-0,0001483	-0,0001	-2,643E-05	-2,73E-05	-1,19E-05
-5,3E-06	-1,901E-05	-2,1E-05	-1,851E-06	-6,73E-05	-6,35E-05
8,656E-05	9,135E-05	0,000104	8,9022E-05	0,0001009	0,0001055
0,0001513	0,0001642	0,00016	0,00011687	0,0001601	0,0001501
0,0001576	0,0001621	0,000162	0,00013128	0,000181	0,0001762
0,0002635	0,000163	0,00016	0,00013419	0,0001832	0,0001808
0,000163	0,0002607	0,000138	9,8707E-05	0,0001558	0,0001386
0,00016	0,000138	0,000179	4,9931E-05	7,607E-05	4,952E-05
0,0001342	9,871E-05	4,99E-05	0,00014834	5,694E-05	4,317E-05
0,0001832	0,0001558	7,61E-05	5,694E-05	0,0001435	2,306E-05
0,0001808	0,0001386	4,95E-05	4,3174E-05	2,306E-05	0,0001

22 lentelė. Kovariacijų matricos įvertis Linijos Šiauliai – Jonava atkarpos Piepaliukai –Jonava), taikant 7-ių parametru variantą

K' Hs(7)

0,0006491	0,0004657	0,0004182	0,000396903	0,000116	8,324E-05	8,428E-05
0,0004657	0,00051717	0,0003979	0,000337196	0,000129	0,0001149	0,0001488
0,0004182	0,0003979	0,0005018	0,000308525	0,00015	0,0001442	0,0001972
0,0003969	0,0003372	0,0003085	0,000356799	0,000103	0,0001034	0,0001384
0,0001161	0,00012881	0,0001496	0,000103347	0,000249	0,0001771	0,0002247
8,324E-05	0,00011493	0,0001442	0,000103426	0,000177	0,0002988	0,0002363
8,428E-05	0,0001488	0,0001972	0,0001384	0,000225	0,0002363	0,0003738
4,03E-05	0,00011721	0,0001639	0,000130762	0,000248	0,0002494	0,0002641
-3,1E-05	1,8705E-05	4,553E-05	7,1534E-05	0,000197	0,0002095	0,0002078
-7,21E-05	-2,482E-05	-7,69E-06	6,07383E-05	0,000185	0,0001948	0,000176
-0,000405	-0,0002876	-0,000233	-0,000154579	0,00017	0,0001873	0,0001512
-0,00023	-0,0002126	-0,000207	-0,000121047	3,34E-05	4,038E-05	-1,03E-05
-0,000193	-0,0001931	-0,000183	-0,000108674	-1,86E-06	6,293E-06	-3,87E-05
-0,000128	-0,0001417	-0,000143	-8,06806E-05	-2,71E-05	-2,54E-05	-6,65E-05
-5,85E-05	-7,746E-05	-8,48E-05	-4,2891E-05	-3,96E-05	-4,51E-05	-7,8E-05
-4E-05	-4,806E-05	-3,95E-05	-3,41205E-06	-1,12E-05	-1,74E-05	-4,63E-05
-1,03E-05	-1,005E-05	3,234E-06	1,03765E-05	-3,95E-06	-5,04E-06	-1,26E-05
9,093E-06	6,5503E-06	6,748E-06	8,10131E-06	-1,32E-05	-1,63E-05	-2E-05
5,425E-05	3,7737E-05	3,462E-05	-1,76626E-05	-6,42E-05	-5,56E-05	-2,53E-05
5,624E-05	3,9885E-05	3,806E-05	-2,70513E-05	-7,38E-05	-5,81E-05	-1,4E-05

4,03E-05	-3,096E-05	-7,21E-05	-0,000405353	-0,00023	-0,000193	-0,000128
0,0001172	1,8705E-05	-2,48E-05	-0,000287605	-0,000213	-0,000193	-0,000142
0,0001639	4,5526E-05	-7,69E-06	-0,00023345	-0,000207	-0,000183	-0,000143
0,0001308	7,1534E-05	6,074E-05	-0,000154579	-0,000121	-0,000109	-8,07E-05
0,0002476	0,0001972	0,0001854	0,000169833	3,34E-05	-1,86E-06	-2,71E-05

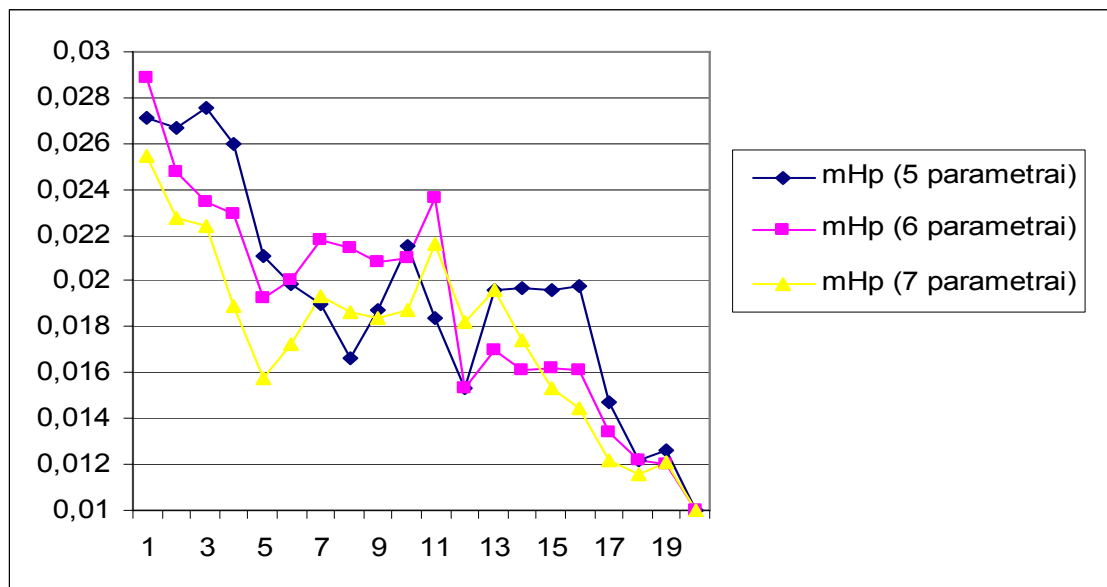
0,0002494	0,00020948	0,0001948	0,000187263	4,04E-05	6,293E-06	-2,54E-05
0,0002641	0,00020777	0,000176	0,000151235	-1,03E-05	-3,87E-05	-6,65E-05
0,0003477	0,00022693	0,0002074	0,000187439	1,46E-05	-2,07E-05	-5,56E-05
0,0002269	0,00033804	0,0002383	0,000285898	0,000109	3,657E-05	-5,08E-06
0,0002074	0,00023831	0,0003512	0,000327653	0,000128	1,724E-05	-1,77E-05
0,0001874	0,0002859	0,0003277	0,000468385	0,000209	0,0001217	6,571E-05
1,459E-05	0,00010925	0,0001281	0,000208702	0,000333	0,0002382	0,000186
-2,07E-05	3,6566E-05	1,724E-05	0,000121679	0,000238	0,0003851	0,000236
-5,56E-05	-5,085E-06	-1,77E-05	6,57144E-05	0,000186	0,000236	0,0003048
-7,87E-05	-4,404E-05	-5,5E-05	2,35415E-06	0,000118	0,0001709	0,0001592
-5,56E-05	-5,807E-05	-0,000106	-2,92956E-05	0,000106	0,0001637	0,0001498
-1,92E-05	-4,254E-05	-8,16E-05	-4,16223E-05	7,1E-05	0,0001135	0,0001147
-2,31E-05	-2,668E-05	-3,09E-05	-2,28332E-05	3,71E-05	5,722E-05	7,119E-05
-2,25E-05	-4,792E-05	-3,7E-05	-7,24297E-05	1E-05	5,302E-05	8,433E-05
-2,74E-06	-3,928E-05	-2,21E-05	-6,60739E-05	4,52E-06	3,761E-05	7,61E-05

-5,85E-05	-3,998E-05	-1,03E-05	9,09271E-06	5,42E-05	5,624E-05
-7,75E-05	-4,806E-05	-1E-05	6,55026E-06	3,77E-05	3,988E-05
-8,48E-05	-3,946E-05	3,234E-06	6,74846E-06	3,46E-05	3,806E-05
-4,29E-05	-3,412E-06	1,038E-05	8,10131E-06	-1,77E-05	-2,71E-05
-3,96E-05	-1,119E-05	-3,95E-06	-1,31897E-05	-6,42E-05	-7,38E-05
-4,51E-05	-1,742E-05	-5,04E-06	-1,63293E-05	-5,56E-05	-5,81E-05
-7,8E-05	-4,634E-05	-1,26E-05	-1,99896E-05	-2,53E-05	-1,4E-05
-7,87E-05	-5,558E-05	-1,92E-05	-2,31256E-05	-2,25E-05	-2,74E-06
-4,4E-05	-5,807E-05	-4,25E-05	-2,66849E-05	-4,79E-05	-3,93E-05
-5,5E-05	-0,0001057	-8,16E-05	-3,09162E-05	-3,7E-05	-2,21E-05
2,354E-06	-2,93E-05	-4,16E-05	-2,28332E-05	-7,24E-05	-6,61E-05
0,0001184	0,00010637	7,101E-05	3,70966E-05	1E-05	4,517E-06
0,0001709	0,00016373	0,0001135	5,72222E-05	5,3E-05	3,761E-05
0,0001592	0,0001498	0,0001147	7,11873E-05	8,43E-05	7,61E-05
0,0002361	0,00012576	0,0001086	7,91416E-05	0,000114	0,0001145
0,0001258	0,00020873	8,605E-05	5,35728E-05	0,00011	0,0001068
0,0001086	8,6052E-05	0,0001484	3,0146E-05	6,6E-05	5,384E-05
7,914E-05	5,3573E-05	3,015E-05	0,000133484	5,76E-05	5,308E-05
0,0001141	0,00010998	6,6E-05	5,76077E-05	0,000147	2,695E-05
0,0001145	0,00010678	5,384E-05	5,30811E-05	2,7E-05	0,0001

Matricos K'_{HnS} įstrižainiai elementai panaudojami prognozinio normalinio aukščio numatomoms vidutinėms kvadratinėms klaidoms skaičiuoti. Kiekvieno punkto, naudojamo prognoziniam normaliniam aukščiui nustatyti, yra paskaičiuojamos Linijos Šventoji – Šilutė – Mikytai (atkarpa Palanga – Mikytai) ir linijos Šiauliai – Jonava atkarpos Piepaliukai – Jonava vidutinės kvadratinės klaidos, kurios pateiktos 23 ir 24 lentelėje ir 16 ir 17 paveiksluose. Šiuose paveiksluose galima matyti, kad mažiausios vidutinės kvadratinės klaidos yra taikant 5 –ių parametų prognozės modelį. Linijos Šventoji – Šilutė – Mikytai (atkarpa Palanga – Mikytai) didžiausia prognozinio normalinio aukščio vidutinė kvadratinė klaida yra 10265 punkte - 0,015026 m, o mažiausia yra 10258 punkte - 0,00959 m. Linijos Šiauliai – Jonava atkarpos Piepaliukai – Jonava didžiausia prognozinio normalinio aukščio vidutinė kvadratinė klaida yra 10168 punkte - 0,027561, o mažiausia yra 10179 punkte - 0,014686 (**16 ir 17 pav.**).

23 lentelė. Prognozinių normalinių aukščių punktų vidutinės kvadratinės klaidos, taikant 5-ių, 6-ių, 7-ių parametrų modelį (linijos Šventoji – Šilutė – Mikytai atkarpa Palanga - Mikytai)

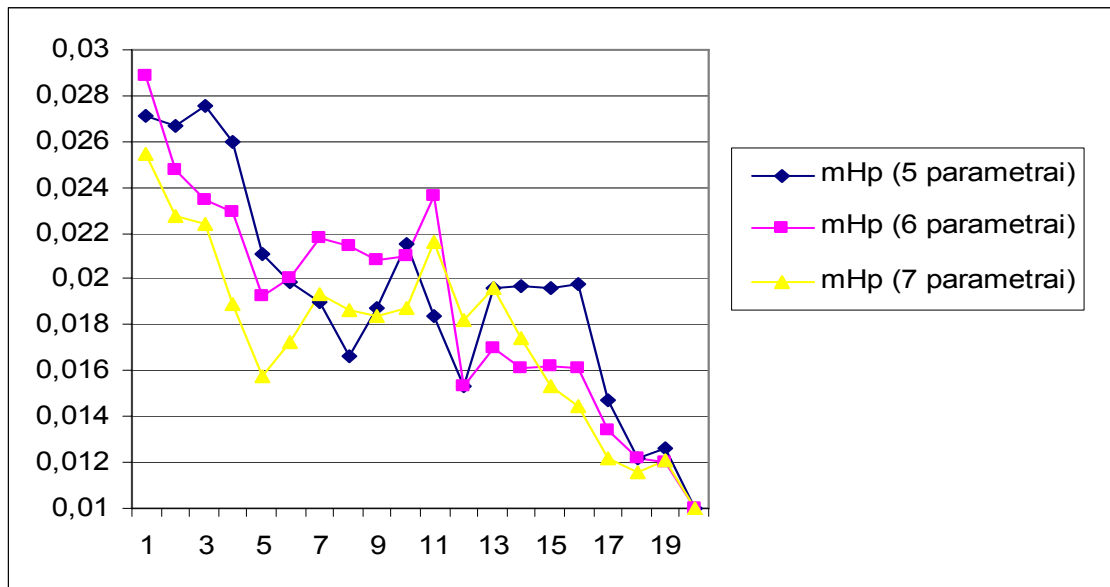
Eil. Nr	Punktas	m_{Hp} , (5 parametrai), m	m_{Hp} (6 parametrai), m	m_{Hp} (7 parametrai), m
1	26V-0375	0,01	0,01	0,01
2	26V-4805	0,010624	0,011497	0,011444
3	26V-4333	0,010642	0,009763	0,008607
4	25V-5151	0,010496	0,011828	0,015517
5	25V-0474	0,010261	0,010229	0,009863
6	25V10242	0,010038	0,009513	0,010292
7	25V-0166	0,010208	0,012339	0,012706
8	25V10249	0,01203	0,011644	0,014848
9	25V10251	0,013191	0,013276	0,013672
10	25V10252	0,011826	0,011925	0,012877
11	24V10255	0,013567	0,014231	0,020672
12	24V10257	0,010074	0,01011	0,014202
13	24V10258	0,00959	0,009693	0,01245
14	24V-6218	0,014045	0,014071	0,013795
15	24V10261	0,015151	0,017343	0,015934
16	34V10262	0,011399	0,0157	0,012057
17	34V10264	0,012714	0,017584	0,01466
18	34V10265	0,015026	0,017275	0,016211
19	34V10266	0,013361	0,012368	0,013319
20	34V10268	0,013667	0,01507	0,015238



16 pav. Prognozinių normalinių aukščių punktų vidutinės kvadratinės klaidos, taikant 5-ių, 6-ių, 7-ių parametrų modelį (linijos Šventoji – Šilutė – Mikytai atkarpa Palanga - Mikytai)

24 lenelė. Prognozių normalinių aukščių punktų vidutinės kvadratinės klaidos, taikant 5-ių, 6-ių, 7-ių parametrų modelį (linijos Šiauliai – Jonava atkarpa Piepaliukai - Jonava)

Eil.Nr.	Punktas	m_{Hp} , (5 parametrai), m	m_{Hp} (6 parametrai), m	m_{Hp} (7 parametrai), m
1	55V--332	0,027134	0,028886	0,025477
2	55V10167	0,026688	0,024771	0,022741
3	55V10168	0,027561	0,023446	0,022402
4	55V--285	0,025986	0,022897	0,018889
5	55V10169	0,021066	0,01923	0,015782
6	55V--342	0,019905	0,020087	0,017286
7	55V-4774	0,01902	0,021784	0,019333
8	54V10171	0,016653	0,021411	0,018647
9	54V10172	0,018758	0,020796	0,018386
10	54V10174	0,021512	0,021035	0,018739
11	54S--224	0,018394	0,023634	0,021642
12	64V--256	0,015305	0,015338	0,018241
13	64V--369	0,019568	0,017028	0,019623
14	64V10176	0,019699	0,016123	0,017459
15	64V10177	0,019573	0,016233	0,015367
16	64V--352	0,019743	0,016147	0,014447
17	64V10179	0,014686	0,013378	0,012183
18	64V--317	0,012169	0,01218	0,011554
19	64V10181	0,012642	0,011979	0,012119
20	64V--217	0,01	0,01	0,01



17 pav. Prognozių normalinių aukščių punktų vidutinės kvadratinės klaidos, taikant 5-ių, 6-ių, 7-ių parametrų modelį (linijos Šiauliai – Jonava atkarpa Piepaliukai - Jonava)

9. GIS panaudojimas skaitmeniniams duomenims kaupiti, redaguoti ir analizuoti

GIS Maketui sudaryti naudojami duomenys yra Vertikalojo pirmosios klasės tinklo linijos Palanga – Šilutė – Mikytai (2003 m.) atkarpos Palanga – Mykutai matavimo rezultatai. Sudarytas vertikalojo tinklo antrojo poligono linijų Kazlų Rūda – Kybartai – Mikytai (2001 m.), Mikytai – Šiauliai, Šiauliai – Jonava (2002–2003 m.) bei pirmojo poligono linijos Palanga – Šilutė – Mikytai (2003 m.) punktų skaitmeninis katalogas. Kiekvienam vertikalojo tinklo punktui skirtas atskiras lapas, kuriame nurodytas šio punkto individualus kodas, sudarytas pagal geodezinio pagrindo punktų indeksavimo tvarką.

Pagrindinis GIS privalumas - operavimas erdvinė (koordinuota, orientuota erdve) informacija. Informaciją apie tam tikrą miestą ar jo dalį gali būti pateikiama visos eilės konkrečios teritorijos tematinų žemėlapių, atspindinčių tam tikrą vietovės bruožą, pavidalu. GIS tokie tematiniai žemėlapiai vadinami sluoksniais arba temomis, kiekviena iš jų yra saugoma tam tikros teritorijos vienuose informacija (pvz: vertikalaus tinklo punktai, linijos, aukštis ir kt.) kadangi tai yra tos pačios teritorijos sluoksniai, visi objektai yra koordinuoti ir tvarkingai tarpusavyje suderinti. Visa tam tikros teritorijos informacija suskaidyta sluoksniais – temomis, gali būti analizuojama atskirais sluoksniais arba kaip reikalingų sluoksnių kombinacija. Atsiradus naujiems objektams, atnaujinamas tiksliai tas sluoksnis, kuriame saugomi tos rūšies duomenys arba jei tokių nėra, kuriamas naujas. Kiekviename sluoksnyje galima informacijos apie vertikaliąjį tinklą analizė. Galimybė suskaidyti informaciją sluoksniais, o vėliau sujungti ir kurti įvairias kombinacijas – tai vienas iš GIS privalumų.

Duomenų bazei naudojami Lietuvos Valstybinio geodezinio vertikalojo pirmosios klasės tinklo punktų katalogo duomenys. Sudarytas vertikalojo tinklo pirmojo poligono linijos **Palanga – Šilutė – Mikytai** (2003 m.) punktų skaitmeninis katalogas.

Šiame duomenų bazės makete sudariau tris duomenų lenteles. Pirmojoje duomenų bazės lentelėje saugoma informacija apie aukščių pagrindą - punkto kodas, pavadinimas, matavimo data, matavimus atlikusi organizacija, normalinis aukštis, elipsoidinį aukštį, koordinatės X ir Y. Antroje duomenų bazės lentelėje saugoma informacija apie organizaciją ir punktą – punkto kodas, pavadinimas, matavimo data, matavimus atlikusi organizacija, organizacijos kodas, elipsoidinis aukštis, koordinatės X ir Y. Trečioje duomenų bazės lentelėje saugoma informacija apie aukščių punktus – punkto kodas, pavadinimas ir punkto tipas (sieninis, atraminis, gruntinis), matavimo data, matavimus atlikusi organizacija, normalinis ir elipsoidinis aukštis.

Projekto programos kūrimui naudoju *FoxPro* programos paketą.

Šis duomenų bazės maketas yra skirtas aukščių punktų informacijai analizuoti. Informacija apie punktus sudaro:

- punkto kodas;
- punkto tipas (sieninis, atraminis, gruntinis);
- punkto koordinatės (X,Y);
- punkto elipsoidinis ir normalinis aukščiai;
- organizacija matavusi punktus.

Gruntiniais ženklais įtvirtintiems punktams duoti atstumai iki vietovėje arčiausiai punkto esančių pastovių objektų. Gruntiniams punktams sudarytas regimojo horizonto brėžinys, kuriame matyti punktui dangaus skliautą užstojančių kliūčių išsidėstymas ir polinkio kampai horizonto atžvilgiu.

Sieniniais ženklais įtvirtintieji punktai parodyti fotonuotraukoje, kurioje, jei įmanoma, parodytas ženklų atstumas nuo žemės paviršiaus, pastato krašto ar kitų elementų.

Duomenų bazės maketas yra programa skirta saugoti duomenis apie punktus, esamu punktu paieškai, sutvarkymui, informacijai apie juos analizuoti.

Projekto programos kūrimui naudoju *FoxPro* programos paketą. *FoxPro* programos pagalba sukurtas aukščių punktų analizės duomenų bazės maketas, kuriame kaupiami duomenys. Mano duomenų bazės makete yra kaupiama informacija apie: aukščių punktus (jų kodai, pavadinimai), punktų X ir Y koordinatės (LKS 94 sistemoje), aukščių pagrindo informacija ir t.t. .

Duomenų bazės makete galima atlikti šias procedūras: duomenų kaupimą, paiešką, redagavimą, sunaikinimą, spausdinimą.

Duomenų bazės maketas skirtas duomenų apie aukščių punktus analizei, kaupimui, įvedimui, saugojimui, paiešką ir jų tolesniam panaudojimui. Tai palengvina darbą su duomenimis, nes nereikia sudarinėti papildomų lentelių, gan paprastas yra redagavimas įvedimas ir kitos procedūros.

9. 1. Geoinformacinės sistemos sudarymo technologija, geometrinės duomenų bazės suformavimas

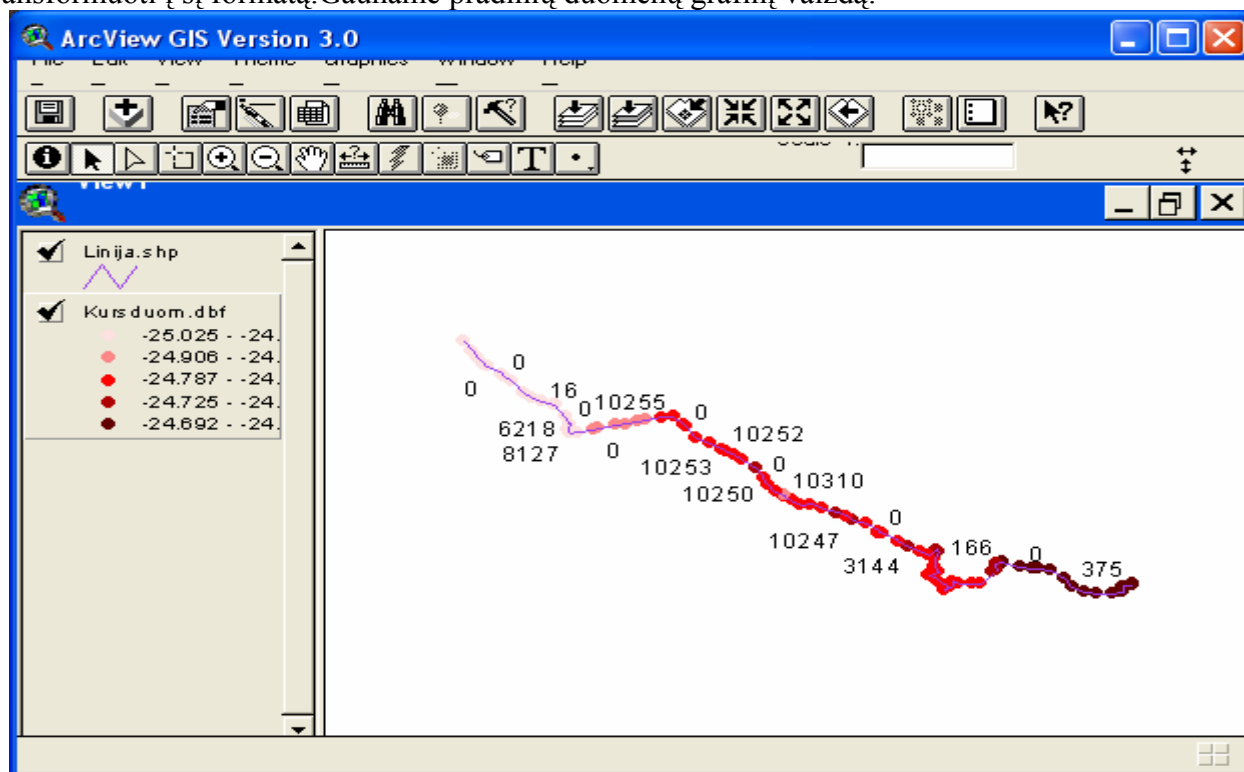
Maketui sudaryti naudojami duomenys yra vertikaliojo pirmosios klasės tinklo linijos Palanga – Šilutė – Mikytai (2003 m.) atkarpos Palanga – Mykutai matavimo rezultatai. Sudarytas vertikaliojo tinklo antrojo poligono linijų Kazlų Rūda – Kybartai – Mikytai (2001 m.), Mikytai – Šiauliai, Šiauliai – Jonava (2002–2003 m.) bei pirmojo poligono linijos Palanga – Šilutė – Mikytai (2003 m.) punktų skaitmeninis katalogas. Kiekvienam vertikaliojo tinklo punktui skirtas atskiras lapas, kuriame nurodytas

šio punkto individualus kodas, sudarytas pagal geodezinio pagrindo punktų indeksavimo tvarką. Šiame projekte naudoti duomenys pateikti šioje lentelėje:

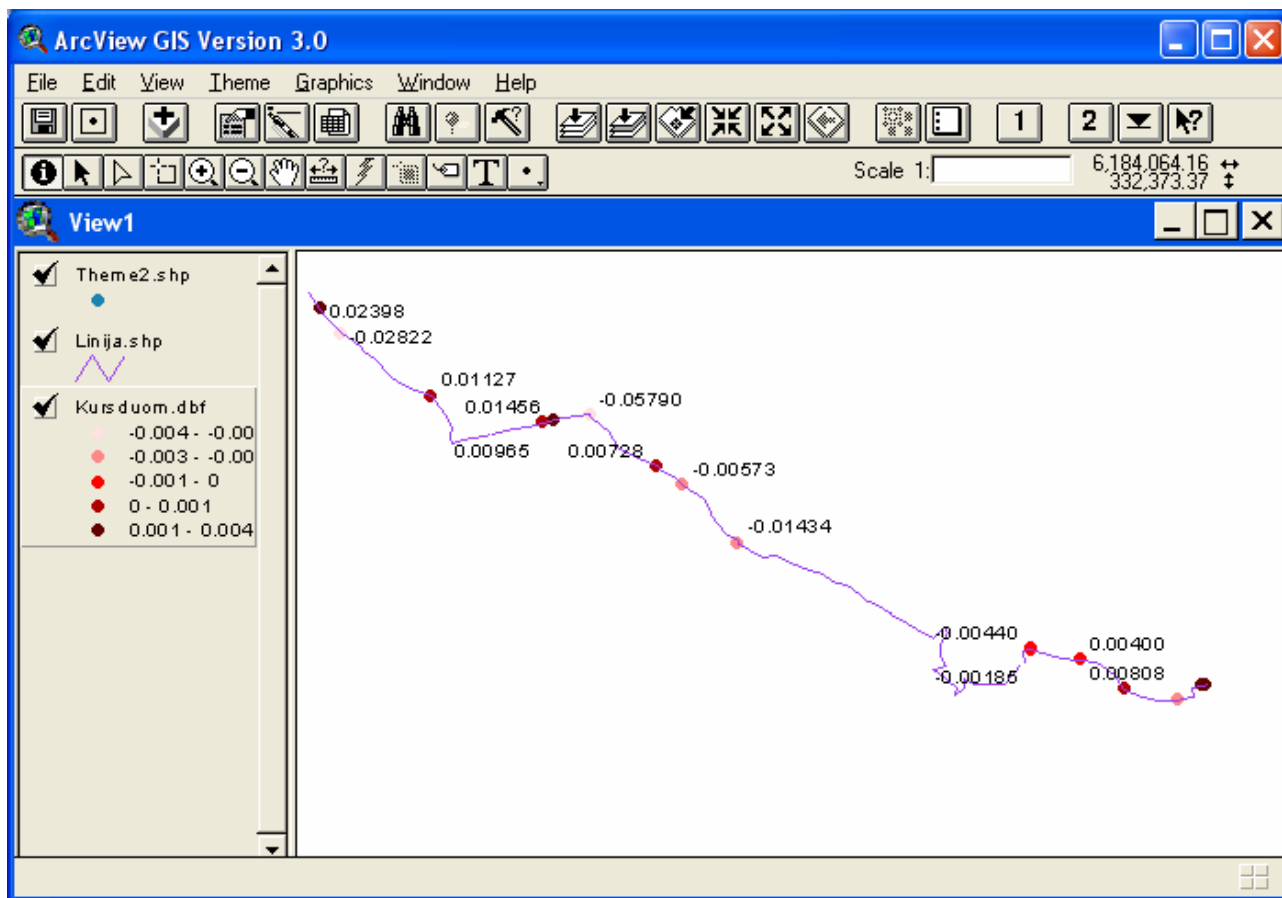
kursduom.dbf										
Eilnr	Punktas	Kodas	X	Y	He	Hn	Hn-he	Hnp	Hnp-hn	
1	1517	26V-1517	6203308.650	317670.085	33.391	8.742	-24.619	0.0000	0.00000	
2	375	26V-0375	6203262.200	317654.441	33.710	9.112	-24.598	9.0789	0.03307	
3	4805	26V-4805	6202878.910	317527.593	34.376	9.792	-24.584	9.7704	0.02158	
4	6761	26V-6761	6201979.880	317416.871	33.493	8.895	-24.598	0.0000	0.00000	
5	0	26V-0001	6202031.000	316598.000	32.460	7.821	-24.639	0.0000	0.00000	
6	7382	26V-7382	6201850.000	316542.000	31.820	7.177	-24.643	0.0000	0.00000	
7	433	26V-433	6200782.630	316312.920	38.400	13.746	-24.654	13.7610	-0.01466	
8	3128	25V-3128	6198921.270	316282.720	38.319	13.678	-24.641	0.0000	0.00000	
9	1782	25V-1782	6197563.000	316491.000	38.830	14.161	-24.669	0.0000	0.00000	
10	5151	25V-5151	6196056.570	317285.235	35.412	10.777	-24.635	10.7690	0.00808	
11	10240	25V-10240	6195205.000	318486.313	36.448	11.831	-24.617	0.0000	0.00000	
12	15284	25V-15284	6193562.000	319632.000	42.180	17.507	-24.673	0.0000	0.00000	
13	474	25V-474	6192203.610	319814.894	39.093	14.444	-24.649	14.4400	0.00400	
14	0	25V-0001	6191545.000	319814.000	38.680	14.003	-24.667	0.0000	0.00000	
15	10241	25V-10241	6189941.790	320067.258	44.201	19.536	-24.665	0.0000	0.00000	
16	10242	25V-10242	6187965.810	320723.445	55.620	30.950	-24.670	30.9540	-0.00440	
17	166	25V-0166	6187923.050	320711.431	54.974	30.308	-24.666	30.3100	-0.00185	

25 lentelė. Linijos Palanga – Šilutė – Mikyčiai pradiniai duomenys

Pradinius duomenis sudaro punkto numeris, X ir Y koordinatės, punkto elipsoidinis ir normalinis aukštis ir jo skirtumas. Kadangi ArcView paketas skaito DBF formatą, tai ir pradiniai duomenys buvo transformuoti į šį formatą. Gauname pradinių duomenų grafinį vaizdą:



18 pav. Linijos Palanga – Šilutė – Mikyčiai grafiniai duomenys

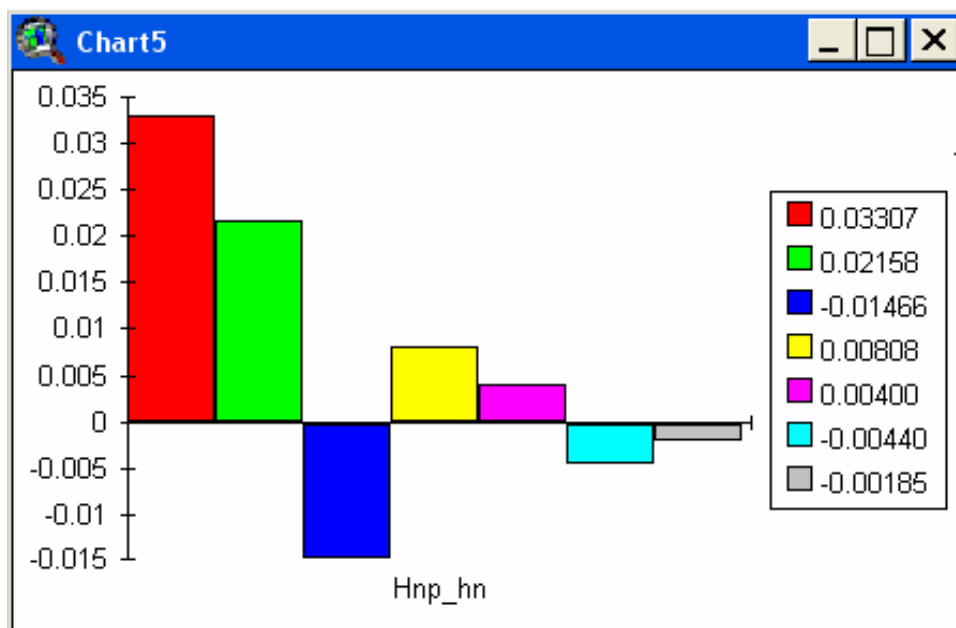


19 pav. Linijos Palanga – Šilutė – Mikytai grafinis skaičiavimo duomenų pavaizdavimas

Atributinių duomenų analizei sudaromi grafikai. Tam naudojamos atributinės lentelės. Pažymime atributinės lentelės stulpelius H_e , H_n , spaudžiame *Create Chart*. Atsiradusioje lentelėje pasirenkame, H_e , H_n laukus pagal kuriuos bus braižomas grafikas ir spaudžiu *Add*. Galima pasirinkti šešis grafikų variantus: stulpeliai, linijos, eilutės, apskritimai, plotas, taškas.

Nubraižomas grafikas, kuriame kiekviename punkte matosi normalinis ir elipsoidinis aukštis. Pagal grafiką galime spręsti kaip normalinis aukštis pasiskirsto elipsoidinio aukščio atžvilgiu. Vizualiai matosi kad normalinis ir elipsoidinis aukščiai kinta beveik vienodai.

Normalinio ir elipsoidinio aukščio skirtumas pavaiduotas šiame grafike. Iš grafiko matosi kad tik viename punkte yra staigūs normalinio ir elipsoidinio aukščio nesutapimas.



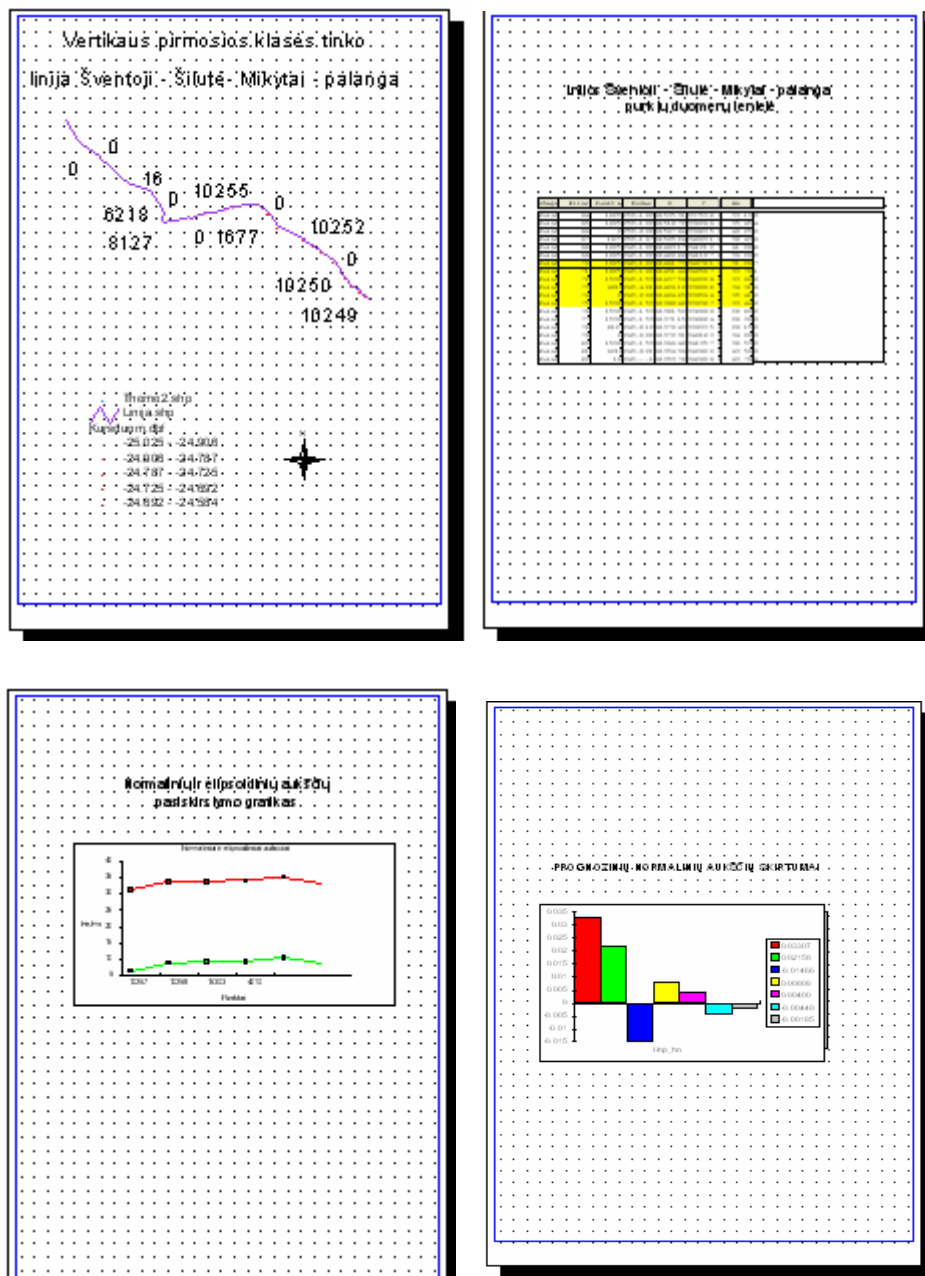
20 pav. Linijos Palanga – Šilutė – Mikytai grafinis prognozinio normalinio aukščio duomenų pavaizdavimas

Duomenų pateikimas: diagramos, žemėlapiai. Diagramos yra naudojamos raiškesniam reprezentatyviam lentelių duomenų pateikimui. Jos atspindi ne tik atributinių, bet ir kitų reikalingų lentelių informaciją. Diagramos yra dinamiškai susijusios su vaizdais ir lentelėmis, todėl nėra statiškos ir reaguoja į objektų pažymėjimą, išrinkimo kaitą vaizdo ar atributinių lentelių aplinkoje.

Brėžinys – vienas iš *ArcView* dokumentų – aplinkų, skirtas žemėlapių kūrimui, maketavimui, paruošimui spausdinimui. Šią aplinką galisudaryti visi *ArcView* komponentai, t.y. vaizdai lentelės, diagramos. Priklausomai nuo to kam ir kokių tikslų yra kuriamas žemėlapis yra parenkami žemėlapių elementai. Žemėlapių kūrimas pradedamas nuo jo formato nustatymo, t.y. lapo dydžio, orientacija, parašte ir pan. Sekantys žemėlapių elementai gali būti:

- Vaizdas – geometriniai elementai, kuriuos norime matyti atspausdintus, bei juos atitinkantys simboliai;
- Legenda – kiekvieno naudoto simbolio pavyzdys ir paaiškinimas;
- Mastelis – skaitmeninis ar linijinis žemėlapių mastelis;
- Pavadinimas bei papildomi paaiškinamieji tekstai;
- Šiaurės rodyklė;
- Rėmeliai.

Vertikalaus tinklo punktų atvaizdavimui pasirenkamas taškinis ir linijinis temos tipai. Atributinės lentelės yra susijusios su vaizdu, keičiant lenteles keičiasi ir vaizdas. Legenda parenkama, kad atitiktų esamus grafinius duomenis. Mastelis parenkamas linijinis.



21 pav. GIS duomenų pateikimas spausdinimui

Analogiskai vykdomos visų užklausų paieškos. Pateikiami duomenys apie esamus aukščių punktų informaciją, kuri pateikiama ekrane. Paieska galima vykdyti iš naujo paspaudus enter klavišą. Taip pat vykdoma ir bendra dviejų lentelių paieška.

Duomenų bazės maketas skitas duomenų apie aukščių punktus analizei, kaupimui, įvedimui, saugojimui, paieški ir jų tolesniam panaudojimui. Tai palengvina darbą su duomenimis, nes nereikia sudarinėti papildomų lentelių, gan paprastas yra redagavimas įvedimas ir kitos procedūros.

IŠVADOS

- ✓ Pagal Lietuvos 1-os klasės vertikaliojo tinklo matavimų rezultatus taikant kolokacijos metodą apskaičiuotas prognozavimo modelio parametų vektorius, kuris nusako normalinių aukščių modelį.
- ✓ Prognozinio modelio parametų reikšmės nustatomos kolokacijos metodu apdorojant išmatuotų elipsoidinių ir normalinių aukščių reikšmes. Parametų reikšmės nustatomos tik tam tikriems regionams, nes jos priklauso nuo kvazigeoido paviršiaus kitimo. Modelį reikia sudaryti tiems regionams, kuriuose kvazigeoido paviršius kinta reguliariai.
- ✓ Prognozės modeliui sudaryti buvo taikoma 5-ių, 6-ių, 7-ių eilių polinominių koeficientų matricos. Prognozės modelio tikslumo tolesniam įvertinimui tikslinga panaudoti ir aukštesnės eilės polinominių koeficientų matricas.
- ✓ Panaudojant ir aukštesnės eilės polinominių koeficientų matricas matome kad geriausias tikslumas yra pasiekiamas skaičiuojant panaudoti 5-ių komponentų variantą, tai yra sudarant 5-ių eilių polinominių koeficientų matricą.
- ✓ Pagal gataisiais prognozes normalinių aukščių H_{ns} reikšmes ir nuokrypiai δH nuo normalinių aukščių H_n galima pastebėti, kad nuokrypiai nuo išmatuotų normalinių aukščių didėja, didėjant parametų skaičiui, taip pat didėjant atstumui tarp parametrų nustatyti naudojamų punktų.
- ✓ Nustatytų prognozinio normalinių aukščių reikšmių standartinių nuokrypių įverčiai maždaug atitinka GPS metodu nustatytų elipsoidinių aukščių standartinių nuokrypių įverčius.
- ✓ Taikant 5-ių, 6-ių, 7-ių parametų modelį, kai parametrų skaičiuoti punktai buvo paimti toje pačioje linijoje Šventoji – Šilutė – Mikytai atkarpa Palanga – Mikytai, gavome: $m_H = 0,018$ m.
- ✓ Taikant 5-ių, 6-ių, 7-ių parametų modelį, kai parametrų skaičiuoti punktai buvo paimti iš dviejų linijų - 10 punktų iš linijos Šventoji – Šilutė – Mikytai atkarpa Palanga – Mikytai ir 10 punktų iš linijos Šiauliai – Jonava atkarpa Piepaliukai – Jonava (kai tarp linijų atstumas apytiksliai apie 160 km), gavome: $m_H = 0,062$ m, kai naudojami 5 parametrai; $m_H = 0,063$ m, kai naudojami 6 parametrai; $m_H = 0,067$ m, kai naudojami 7 parametrai.
- ✓ Kovariacijų matricos įverčio K'_{HNS} įstrižainiai elementai panaudojami punktų prognozinio normalinio aukščio numatomoms vidutinėms kvadratinėms klaidoms skaičiuoti.

- ✓ Mažiausios vidutinės kvadratinės klaidos yra taikant 5 –ių parametų prognozės modelį. Linijos Šventoji – Šilutė – Mikytai (atkarpa Palanga – Mikytai) didžiausia prognozinio normalinio aukščio vidutinė kvadratinė klaida - 0,015026 m, o mažiausia - 0,00959 m. Linijos Šiauliai – Jonava atkarpos Piepaliukai –Jonava didžiausia prognozinio normalinio aukščio vidutinė kvadratinė klaida - 0,027561, o mažiausia - 0,014686.

LITERATūros SĄRAŠAS

1. J.Skeivalas, Ž.Stankevičius “Elipsoidinių ir normalinių aukščių sąsaja, taikant kolokacijos metodą” Geodezija ir kartografija 2004 m;
2. J.Skeivalas “GPS metodo taikymas normaliniams aukščiams nustatyti” Geodezija ir kartografija 2000 m;
3. S.Kazakevičius, P.Petroškevičius, A.Zakarevičius “Lietuvos geodezinio vertikaliojo tinklo sudarymo principai” Geodezija ir kartografija 1999 m;
4. H.Denker, E.Paršeliūnas “Evaluation of the European gravimetric geoid EGG97 over the Lithuanian territory” Geodezija ir kartografija 1999 m;
5. E.Paršeliūnas, M.Sacher, J.Ihde “Preparation of Lithuanian leveling network” Geodezija ir kartografija 2000 m;
6. P.Petroškevičius, E.Paršeliūnas “Europos vertikaliojo tinklo plėtimas Lietuvos teritorijoje” Geodezija ir kartografija 1998 m;
7. S.Kazakevičius, E.Paršeliūnas “Lietuvos teritorijos kvazigeoido parametrų tikslinimas 1998m.” Geodezija ir kartografija 1999 m;
8. S.Kazakevičius “Pirmieji krašto niveliacijos tinklai Lietuvoje”//Žemėtvarka ir melioracija 1998 m.;
9. J.Skeivalas “Koreliutų geodezinių matavimų rezultatų apdorojimas” 1995 m.;
10. J.Skeivalas “Geodeziniai prietaisai” Vilnius, „Technika“ .
11. E. Paršeliūnas. Geoinformacinės sistemos: duomenų bazės. Mokomoji knygelė. Vilnius VGTU leidykla “Technika”. ISBN 9986-05-311-0. 42 – 132 p.
12. Lietuvos gravimetrinio ir aukščio pagrindo tyrimas bei tobulinimas: Mokslo darbo ataskaita // VGTU Geodezijos institutas, V: 1998 m.
13. Lietuvos geodezinio vertikaliojo pirmosios klasės tinklo sudarymas: Mokslo darbo ataskaita // VGTU Geodezijos institutas, V: 2002 m.
14. E. Paršeliūnas „Geoinformacinės sistemos: sistemos technologijos“, Vilnius „Technika“.
15. Stankevičius „Skaitmeniniai žemėlapiai“, Vilnius, „Technika“.
16. Paršeliūnas E. Geoinformacinės sistemos: duomenų bazės. Vilnius: Technika, 1997. p. 5 – 33.
17. Lietuvos valstybinis geodezinis vertikalusis tinklas. Techninių reikalavimų reglamentas GKTR 2.12.01: 2001. Pirmasis leidimas / Valstybinė geodezijos ir kartografijos tarnyba prie Lietuvos Respublikos Vyriausybės. Vilnius. 2001. 23 p.

18. Z.Tamutis, A.Žalnieriukas, S. Kazakevičius, P.Petroškevičius „Geodezija 2“ Vilnius, „Mokslo ir enciklopedijų leidykla“, 1996 m.
19. M.Kumar “ Realising a 3-d global vertical datum with WGS 84 geoid as zero reference” Geodezija ir kartografija 1999 m;
20. L.Sakalauskas „ Informacinės technologijos Inžinerijoje“ , Vilnius „Technika“, 2002m.
21. J.Skeivalas, Č.Aksamitauskas, D.Zmitrovičienė, I.Genelytė „Elipsoidinių ir normalinių aukščių sąsaja, taikant kolokacijos metodą” , 2005m.
22. S.Kazakevičius, E.Paršeliūnas. GPS matavimų ir kvazigeoido skaitmenio modelio panaudojimas nustatant geodezinius aukščius // Geodezija ir kartografija. Nr.2(26). Vilnius:Technika,1997m.

PRIEDAI:

- I. Prognozinio modelio skaičiavimo programa, taikant 5-ią parametrų variantą;
- II. Prognozinio modelio skaičiavimo programa, taikant 6-ią parametrų variantą;
- III. Prognozinio modelio skaičiavimo programa, taikant 7-ią parametrų variantą;

$$\begin{array}{l}
 x := \begin{pmatrix} 203 \\ 201 \\ 198 \\ 193 \\ 189 \\ 186 \\ 182 \\ 181 \\ 176 \\ 171 \\ 166 \\ 159 \\ 153 \\ 151 \\ 148 \\ 135 \\ 132 \\ 131 \\ 124 \\ 117 \end{pmatrix} \quad y := \begin{pmatrix} 317 \\ 317 \\ 316 \\ 319 \\ 320 \\ 319 \\ 317 \\ 316 \\ 322 \\ 326 \\ 328 \\ 333 \\ 337 \\ 338 \\ 341 \\ 342 \\ 343 \\ 344 \\ 351 \\ 361 \end{pmatrix}
 \end{array}$$

$$A(x,y) := \begin{array}{l}
 \text{for } i \in 0.. N - 1 \\
 \quad \left| \begin{array}{l}
 a_{i,0} \leftarrow x_i \\
 a_{i,1} \leftarrow y_i \\
 a_{i,2} \leftarrow (x_i)^2 \\
 a_{i,3} \leftarrow (y_i)^2 \\
 a_{i,4} \leftarrow x_i \cdot y_i
 \end{array} \right. \\
 \text{for } i \in 0.. N - 1 \\
 \quad \text{for } j \in 0.. 4 \\
 \quad \quad a_{i,N+j} \leftarrow 0 \\
 \text{for } i \in 0.. N - 1 \\
 \quad a_{i,5+i} \leftarrow 1 \\
 \text{for } i \in 0.. N - 1 \\
 \quad \text{for } j \in 0.. 4 \\
 \quad \quad a_{N+i,j} \leftarrow 0 \\
 \text{for } i \in 0.. N - 1 \\
 \quad \text{for } j \in 0.. 4 \\
 \quad \quad a_{N+i,N+j} \leftarrow 0 \\
 \text{for } i \in 0.. N - 1 \\
 \quad a_{N+i,5+i} \leftarrow 1 \\
 a
 \end{array}$$

x, y – taškų koordinatės, naudojamos prognozuojamo modelio parametrams nustatyti;

$N := 20$, taškų skaičius, naudojamų skaičiavimuose;

$A(x,y)$ - 5 parametrų prognozės lygčių koeficientų matrica, kuri sudaryta iš prognozavimo taškų koordinatinių;

A(x,y) =

	0	1	2	3	4	5	6
0	203	317	$4.121 \cdot 10^4$	$1.005 \cdot 10^5$	$6.435 \cdot 10^4$	1	0
1	201	317	$4.04 \cdot 10^4$	$1.005 \cdot 10^5$	$6.372 \cdot 10^4$	0	1
2	198	316	$3.92 \cdot 10^4$	$9.986 \cdot 10^4$	$6.257 \cdot 10^4$	0	0
3	193	319	$3.725 \cdot 10^4$	$1.018 \cdot 10^5$	$6.157 \cdot 10^4$	0	0
4	189	320	$3.572 \cdot 10^4$	$1.024 \cdot 10^5$	$6.048 \cdot 10^4$	0	0
5	186	319	$3.46 \cdot 10^4$	$1.018 \cdot 10^5$	$5.933 \cdot 10^4$	0	0
6	182	317	$3.312 \cdot 10^4$	$1.005 \cdot 10^5$	$5.769 \cdot 10^4$	0	0
7	181	316	$3.276 \cdot 10^4$	$9.986 \cdot 10^4$	$5.72 \cdot 10^4$	0	0
8	176	322	$3.098 \cdot 10^4$	$1.037 \cdot 10^5$	$5.667 \cdot 10^4$	0	0
9	171	326	$2.924 \cdot 10^4$	$1.063 \cdot 10^5$	$5.575 \cdot 10^4$	0	0
10	166	328	$2.756 \cdot 10^4$	$1.076 \cdot 10^5$	$5.445 \cdot 10^4$	0	0
11	159	333	$2.528 \cdot 10^4$	$1.109 \cdot 10^5$	$5.295 \cdot 10^4$	0	0
12	153	337	$2.341 \cdot 10^4$	$1.136 \cdot 10^5$	$5.156 \cdot 10^4$	0	0
13	151	338	$2.28 \cdot 10^4$	$1.142 \cdot 10^5$	$5.104 \cdot 10^4$	0	0
14	148	341	$2.19 \cdot 10^4$	$1.163 \cdot 10^5$	$5.047 \cdot 10^4$	0	0
15	135	342	$1.822 \cdot 10^4$	$1.17 \cdot 10^5$	$4.617 \cdot 10^4$	0	0
16	132	343	$1.742 \cdot 10^4$	$1.176 \cdot 10^5$	$4.528 \cdot 10^4$	0	0
17	131	344	$1.716 \cdot 10^4$	$1.183 \cdot 10^5$	$4.506 \cdot 10^4$	0	0
18	124	351	$1.538 \cdot 10^4$	$1.232 \cdot 10^5$	$4.352 \cdot 10^4$	0	0
19	117	361	$1.369 \cdot 10^4$	$1.303 \cdot 10^5$	$4.224 \cdot 10^4$	0	0
20	0	0	0	0	0	1	0

	0
0	24.649
1	24.598
2	24.641
3	24.617
4	24.665
5	24.692
6	24.74
7	24.733
8	24.705
9	24.727
10	24.727
11	24.717
12	24.75
13	24.748
14	24.76
15	24.971
16	24.949
17	24.952
18	25.022
19	25.116
20	0
21	0
22	0
23	0
24	0
25	0
26	0
27	0
28	0
29	0
30	0
31	0
32	0
33	0
34	0
35	0
36	0
37	0
38	0
39	0

$L := \begin{cases} \text{for } i \in 0..N-1 \\ a_i \leftarrow Hen_i \\ \text{for } i \in 0..N-1 \\ a_{i+N} \leftarrow 0 \end{cases}$

L- laisvųjų narių vektorius;

Hen – prognozinių taškų, naudojamų parametrams apskaičiuoti elipsoidinis aukštis;

$$\text{NA} := A(\mathbf{x}, \mathbf{y})^T \cdot A(\mathbf{x}, \mathbf{y})$$

	0	1	2	3	4	5	6
0	$5.573 \cdot 10^5$	$1.082 \cdot 10^6$	$9.641 \cdot 10^7$	$3.557 \cdot 10^8$	$1.819 \cdot 10^8$	203	201
1	$1.082 \cdot 10^6$	$2.186 \cdot 10^6$	$1.819 \cdot 10^8$	$7.245 \cdot 10^8$	$3.557 \cdot 10^8$	317	317
2	$9.641 \cdot 10^7$	$1.819 \cdot 10^8$	$1.701 \cdot 10^{10}$	$5.947 \cdot 10^{10}$	$3.132 \cdot 10^{10}$	$4.121 \cdot 10^4$	$4.04 \cdot 10^4$
3	$3.557 \cdot 10^8$	$7.245 \cdot 10^8$	$5.947 \cdot 10^{10}$	$2.405 \cdot 10^{11}$	$1.171 \cdot 10^{11}$	$1.005 \cdot 10^5$	$1.005 \cdot 10^5$
4	$1.819 \cdot 10^8$	$3.557 \cdot 10^8$	$3.132 \cdot 10^{10}$	$1.171 \cdot 10^{11}$	$5.947 \cdot 10^{10}$	$6.435 \cdot 10^4$	$6.372 \cdot 10^4$
5	203	317	$4.121 \cdot 10^4$	$1.005 \cdot 10^5$	$6.435 \cdot 10^4$	2	0
6	201	317	$4.04 \cdot 10^4$	$1.005 \cdot 10^5$	$6.372 \cdot 10^4$	0	2
7	198	316	$3.92 \cdot 10^4$	$9.986 \cdot 10^4$	$6.257 \cdot 10^4$	0	0
8	193	319	$3.725 \cdot 10^4$	$1.018 \cdot 10^5$	$6.157 \cdot 10^4$	0	0
9	189	320	$3.572 \cdot 10^4$	$1.024 \cdot 10^5$	$6.048 \cdot 10^4$	0	0
10	186	319	$3.46 \cdot 10^4$	$1.018 \cdot 10^5$	$5.933 \cdot 10^4$	0	0
11	182	317	$3.312 \cdot 10^4$	$1.005 \cdot 10^5$	$5.769 \cdot 10^4$	0	0
12	181	316	$3.276 \cdot 10^4$	$9.986 \cdot 10^4$	$5.72 \cdot 10^4$	0	0
13	176	322	$3.098 \cdot 10^4$	$1.037 \cdot 10^5$	$5.667 \cdot 10^4$	0	0
14	171	326	$2.924 \cdot 10^4$	$1.063 \cdot 10^5$	$5.575 \cdot 10^4$	0	0
15	166	328	$2.756 \cdot 10^4$	$1.076 \cdot 10^5$	$5.445 \cdot 10^4$	0	0
16	159	333	$2.528 \cdot 10^4$	$1.109 \cdot 10^5$	$5.295 \cdot 10^4$	0	0
17	153	337	$2.341 \cdot 10^4$	$1.136 \cdot 10^5$	$5.156 \cdot 10^4$	0	0
18	151	338	$2.28 \cdot 10^4$	$1.142 \cdot 10^5$	$5.104 \cdot 10^4$	0	0
19	148	341	$2.19 \cdot 10^4$	$1.163 \cdot 10^5$	$5.047 \cdot 10^4$	0	0
20	135	342	$1.822 \cdot 10^4$	$1.17 \cdot 10^5$	$4.617 \cdot 10^4$	0	0
21	132	343	$1.742 \cdot 10^4$	$1.176 \cdot 10^5$	$4.528 \cdot 10^4$	0	0
22	131	344	$1.716 \cdot 10^4$	$1.183 \cdot 10^5$	$4.506 \cdot 10^4$	0	0
23	124	351	$1.538 \cdot 10^4$	$1.232 \cdot 10^5$	$4.352 \cdot 10^4$	0	0
24	117	361	$1.369 \cdot 10^4$	$1.303 \cdot 10^5$	$4.224 \cdot 10^4$	0	0

$$W := A(x, y)^T \cdot L$$

w- laisvųjų narių vektorius;

τ - parametrų vektorius;

$$\tau := -NA^{-1} \cdot W$$

$$N := 20$$

X, Y – taškų koordinatės, naudojamos normaliams prognoziniais aukščiams nustatyti;

$N := 20$, taškų skaičius, naudojamų skaičiavimuose;

$A(X, Y)$ - prognozės lygčių koeficientų matrica, kuri sudaryta iš prognozavimo taškų koordinatų;

$$W =$$

	0
0	$8.159 \cdot 10^4$
1	$1.637 \cdot 10^5$
2	$1.378 \cdot 10^7$
3	$5.418 \cdot 10^7$
4	$2.679 \cdot 10^7$
5	24.649
6	24.598
7	24.641
8	24.617
9	24.665
10	24.692
11	24.74
12	24.733
13	24.705
14	24.727
15	24.727
16	24.717
17	24.75
18	24.748
19	24.76
20	24.971
21	24.949
22	24.952
23	25.022
24	25.116
25	

$$\tau =$$

	0
0	-0.091
1	-0.12
2	$6.379 \cdot 10^{-6}$
3	$1.247 \cdot 10^{-4}$
4	$2.96 \cdot 10^{-4}$
5	-0.018
6	0.013
7	$9.274 \cdot 10^{-3}$
8	0.01
9	$-8.822 \cdot 10^{-3}$
10	$-5.224 \cdot 10^{-3}$
11	$-3.773 \cdot 10^{-3}$
12	$8.723 \cdot 10^{-3}$
13	$9.539 \cdot 10^{-4}$
14	-0.015
15	$-6.009 \cdot 10^{-3}$
16	$5.349 \cdot 10^{-3}$
17	$1.144 \cdot 10^{-3}$
18	$8.822 \cdot 10^{-3}$
19	$7.211 \cdot 10^{-3}$
20	-0.022
21	$5.321 \cdot 10^{-3}$
22	$7.926 \cdot 10^{-3}$
23	$6.276 \cdot 10^{-3}$
24	$-5.65 \cdot 10^{-3}$
25	

$$X :=$$

203
202
200
196
192
187
187
162
157
155
149
146
145
135
127
125
123
122
121
115

$$Y :=$$

317
317
316
317
319
320
320
330
335
336
341
340
340
342
348
350
353
355
356
363

$A(X, Y) :=$

```

for i ∈ 0.. N - 1
    ai,0 ← Xi
    ai,1 ← Yi
    ai,2 ← (Xi)2
    ai,3 ← (Yi)2
    ai,4 ← Xi · Yi
for i ∈ 0.. N - 1
    for j ∈ 0.. 4
        ai,N+j ← 0
for i ∈ 0.. N - 1
    ai,5+i ← 1
for i ∈ 0.. N - 1
    for j ∈ 0.. 4
        aN+i,j ← 0
for i ∈ 0.. N - 1
    for j ∈ 0.. 4
        aN+i,N+j ← 0
for i ∈ 0.. N - 1
    aN+i,5+i ← 1
a

```

A(X, Y) =

	0	1	2	3	4	5	6
0	203	317	$4.121 \cdot 10^4$	$1.005 \cdot 10^5$	$6.435 \cdot 10^4$	1	0
1	202	317	$4.08 \cdot 10^4$	$1.005 \cdot 10^5$	$6.403 \cdot 10^4$	0	1
2	200	316	$4 \cdot 10^4$	$9.986 \cdot 10^4$	$6.32 \cdot 10^4$	0	0
3	196	317	$3.842 \cdot 10^4$	$1.005 \cdot 10^5$	$6.213 \cdot 10^4$	0	0
4	192	319	$3.686 \cdot 10^4$	$1.018 \cdot 10^5$	$6.125 \cdot 10^4$	0	0
5	187	320	$3.497 \cdot 10^4$	$1.024 \cdot 10^5$	$5.984 \cdot 10^4$	0	0
6	187	320	$3.497 \cdot 10^4$	$1.024 \cdot 10^5$	$5.984 \cdot 10^4$	0	0
7	162	330	$2.624 \cdot 10^4$	$1.089 \cdot 10^5$	$5.346 \cdot 10^4$	0	0
8	157	335	$2.465 \cdot 10^4$	$1.122 \cdot 10^5$	$5.26 \cdot 10^4$	0	0
9	155	336	$2.402 \cdot 10^4$	$1.129 \cdot 10^5$	$5.208 \cdot 10^4$	0	0
10	149	341	$2.22 \cdot 10^4$	$1.163 \cdot 10^5$	$5.081 \cdot 10^4$	0	0
11	146	340	$2.132 \cdot 10^4$	$1.156 \cdot 10^5$	$4.964 \cdot 10^4$	0	0
12	145	340	$2.103 \cdot 10^4$	$1.156 \cdot 10^5$	$4.93 \cdot 10^4$	0	0
13	135	342	$1.822 \cdot 10^4$	$1.17 \cdot 10^5$	$4.617 \cdot 10^4$	0	0
14	127	348	$1.613 \cdot 10^4$	$1.211 \cdot 10^5$	$4.42 \cdot 10^4$	0	0
15	125	350	$1.563 \cdot 10^4$	$1.225 \cdot 10^5$	$4.375 \cdot 10^4$	0	0
16	123	353	$1.513 \cdot 10^4$	$1.246 \cdot 10^5$	$4.342 \cdot 10^4$	0	0
17	122	355	$1.488 \cdot 10^4$	$1.26 \cdot 10^5$	$4.331 \cdot 10^4$	0	0
18	121	356	$1.464 \cdot 10^4$	$1.267 \cdot 10^5$	$4.308 \cdot 10^4$	0	0
19	115	363	$1.323 \cdot 10^4$	$1.318 \cdot 10^5$	$4.175 \cdot 10^4$	0	0
20	0	0	0	0	0	1	0
21	0	0	0	0	0	0	1

T := -A(X, Y) · τ

He – taškų, naudojamų skaičiavimuose elipsodinis aukštis;
Hn1 – taškų, naudojamų skaičiavimuose normalinis aukštis;
Hn – taškų, naudojamų skaičiavimuose prognozinis normalinis aukštis;
HΔ - taškų normalinio ir prognozinio normalinio aukščių skirtumai;

$$H_n := H_e - T1$$

$$H_n =$$

	0	1
0	9.079	
1	9.77	
2	13.761	
3	10.769	
4	14.44	
5	30.954	
6	30.31	
7	12.145	
8	5.162	
9	5.223	
10	16.52	
11	6.495	
12	8.963	
13	18.642	
14	10.447	
15	9.752	
16	10.246	
17	15.82	
18	12.411	
19	13.343	

$$H\Delta =$$

	0
0	0.033
1	0.022
2	-0.015
3	$8.088 \cdot 10^{-3}$
4	$4.003 \cdot 10^{-3}$
5	$-4.397 \cdot 10^{-3}$
6	$-1.848 \cdot 10^{-3}$
7	-0.014
8	$-5.73 \cdot 10^{-3}$
9	$7.289 \cdot 10^{-3}$
10	$-5.792 \cdot 10^{-3}$
11	0.015
12	$9.656 \cdot 10^{-3}$
13	0.011
14	-0.028
15	0.024
16	0.019
17	-0.032
18	$2.129 \cdot 10^{-4}$
19	-0.028

$$V =$$

	0
0	0.018
1	-0.013
2	$-9.274 \cdot 10^{-3}$
3	-0.01
4	$8.822 \cdot 10^{-3}$
5	$5.224 \cdot 10^{-3}$
6	$3.773 \cdot 10^{-3}$
7	$-8.723 \cdot 10^{-3}$
8	$-9.539 \cdot 10^{-4}$
9	0.015
10	$6.009 \cdot 10^{-3}$
11	$-5.349 \cdot 10^{-3}$
12	$-1.144 \cdot 10^{-3}$
13	$-8.822 \cdot 10^{-3}$
14	$-7.211 \cdot 10^{-3}$
15	0.022

$$H\Delta := H_{n1} - H_n$$

$V := A(x, y) \cdot \tau + L$ - pataisų lygčių sistema;

m_{Hs} – prognozinių normalinių aukščių tikslumas;

$$m_{Hs} := \sqrt{\frac{1}{N-1} \cdot \sum H\Delta^2}$$

$$m_{Hs} = 0.018$$

m_0 – standartinis nuokrypis;

$$m_0 := \frac{1}{N-5} \cdot V^T \cdot V$$

$$m_0 = (2.629 \times 10^{-4})$$

$$NA^{-1} = \begin{array}{c|ccccccccc} & 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 \\ \hline 0 & 1.012 & -0.494 & -1.207 \cdot 10^{-3} & 1.195 \cdot 10^{-3} & -1.859 \cdot 10^{-3} & 0.222 & 0.157 & 0.016 \\ 1 & -0.494 & 0.262 & 6.268 \cdot 10^{-4} & -6.256 \cdot 10^{-4} & 8.464 \cdot 10^{-4} & -0.092 & -0.064 & -0.011 \\ 2 & -1.207 \cdot 10^{-3} & 6.268 \cdot 10^{-4} & 1.631 \cdot 10^{-6} & -1.474 \cdot 10^{-6} & 1.988 \cdot 10^{-6} & -3.203 \cdot 10^{-4} & -2.386 \cdot 10^{-4} & -8.44 \cdot 10^{-5} \\ 3 & 1.195 \cdot 10^{-3} & -6.256 \cdot 10^{-4} & -1.474 \cdot 10^{-6} & 1.503 \cdot 10^{-6} & -2.099 \cdot 10^{-6} & 2.118 \cdot 10^{-4} & 1.461 \cdot 10^{-4} & 1.393 \cdot 10^{-5} \\ 4 & -1.859 \cdot 10^{-3} & 8.464 \cdot 10^{-4} & 1.988 \cdot 10^{-6} & -2.099 \cdot 10^{-6} & 3.711 \cdot 10^{-6} & -3.806 \cdot 10^{-4} & -2.598 \cdot 10^{-4} & 3.272 \cdot 10^{-5} \\ 5 & 0.222 & -0.092 & -3.203 \cdot 10^{-4} & 2.118 \cdot 10^{-4} & -3.806 \cdot 10^{-4} & 0.692 & 0.164 & 0.108 \\ 6 & 0.157 & -0.064 & -2.386 \cdot 10^{-4} & 1.461 \cdot 10^{-4} & -2.598 \cdot 10^{-4} & 0.164 & 0.642 & 0.1 \\ 7 & 0.016 & -0.011 & -8.44 \cdot 10^{-5} & 1.393 \cdot 10^{-5} & 3.272 \cdot 10^{-5} & 0.108 & 0.1 & 0.591 \\ 8 & 0.038 & -6.777 \cdot 10^{-3} & -4.995 \cdot 10^{-5} & 1.714 \cdot 10^{-5} & -8.349 \cdot 10^{-5} & 0.095 & 0.086 & 0.067 \\ 9 & -5.845 \cdot 10^{-3} & 0.013 & 1.936 \cdot 10^{-5} & -2.684 \cdot 10^{-5} & -1.766 \cdot 10^{-5} & 0.066 & 0.062 & 0.053 \\ 10 & -0.097 & 0.041 & 1.074 \cdot 10^{-4} & -9.833 \cdot 10^{-5} & 1.914 \cdot 10^{-4} & 0.023 & 0.029 & 0.047 \\ 11 & -0.22 & 0.072 & 2.127 \cdot 10^{-4} & -1.834 \cdot 10^{-4} & 4.914 \cdot 10^{-4} & -0.038 & -0.016 & 0.041 \\ 12 & -0.265 & 0.082 & 2.471 \cdot 10^{-4} & -2.13 \cdot 10^{-4} & 6.056 \cdot 10^{-4} & -0.059 & -0.032 & 0.041 \end{array}$$

$$Q11 := \text{submatrix}(NA^{-1}, 0, 4, 0, 4)$$

$$Q22 := \text{submatrix}(NA^{-1}, 5, 24, 5, 24)$$

$$Q21 := \text{submatrix}(NA^{-1}, 5, 24, 0, 4)$$

$$Q12 := \text{submatrix}(NA^{-1}, 5, 24, 0, 4)$$

$$K_{\tau\tau} := 2.629 \times 10^{-4} \cdot Q22 - \text{kovariacijų matricos}$$

$$K_{T\tau} := 2.629 \times 10^{-4} \cdot Q11$$

$$a(X, Y) := \left| \begin{array}{l} \text{for } i \in 0..N-1 \\ \quad a_{i,0} \leftarrow X_i \\ \quad a_{i,1} \leftarrow Y_i \\ \quad a_{i,2} \leftarrow (X_i)^2 \\ \quad a_{i,3} \leftarrow (Y_i)^2 \\ \quad a_{i,4} \leftarrow X_i \cdot Y_i \end{array} \right|_a \quad a(x, y) := \left| \begin{array}{l} \text{for } i \in 0..N-1 \\ \quad a_{i,0} \leftarrow x_i \\ \quad a_{i,1} \leftarrow y_i \\ \quad a_{i,2} \leftarrow (x_i)^2 \\ \quad a_{i,3} \leftarrow (y_i)^2 \\ \quad a_{i,4} \leftarrow x_i \cdot y_i \end{array} \right|_a$$

$$b := a(x, y) \cdot Q11$$

$$m0 = \left(2.629 \times 10^{-4} \right)$$

$$g := b + Q21$$

$$K_{hetx} := 2.629 \times 10^{-4} \cdot g$$

	0	1	2	3	4
0	$-5.839 \cdot 10^{-5}$	$2.41 \cdot 10^{-5}$	$8.421 \cdot 10^{-8}$	$-5.568 \cdot 10^{-8}$	$1.001 \cdot 10^{-7}$
1	$-4.129 \cdot 10^{-5}$	$1.688 \cdot 10^{-5}$	$6.272 \cdot 10^{-8}$	$-3.842 \cdot 10^{-8}$	$6.829 \cdot 10^{-8}$
2	$-4.153 \cdot 10^{-6}$	$2.86 \cdot 10^{-6}$	$2.219 \cdot 10^{-8}$	$-3.662 \cdot 10^{-9}$	$-8.602 \cdot 10^{-9}$
3	$-9.929 \cdot 10^{-6}$	$1.782 \cdot 10^{-6}$	$1.313 \cdot 10^{-8}$	$-4.507 \cdot 10^{-9}$	$2.195 \cdot 10^{-8}$
4	$1.537 \cdot 10^{-6}$	$-3.393 \cdot 10^{-6}$	$-5.088 \cdot 10^{-9}$	$7.055 \cdot 10^{-9}$	$4.644 \cdot 10^{-9}$
5	$2.557 \cdot 10^{-5}$	$-1.065 \cdot 10^{-5}$	$-2.824 \cdot 10^{-8}$	$2.585 \cdot 10^{-8}$	$-5.031 \cdot 10^{-8}$
6	$5.785 \cdot 10^{-5}$	$-1.89 \cdot 10^{-5}$	$-5.593 \cdot 10^{-8}$	$4.822 \cdot 10^{-8}$	$-1.292 \cdot 10^{-7}$
7	$6.96 \cdot 10^{-5}$	$-2.165 \cdot 10^{-5}$	$-6.495 \cdot 10^{-8}$	$5.599 \cdot 10^{-8}$	$-1.592 \cdot 10^{-7}$
8	$2.761 \cdot 10^{-5}$	$-1.048 \cdot 10^{-5}$	$-3.828 \cdot 10^{-8}$	$2.39 \cdot 10^{-8}$	$-4.843 \cdot 10^{-8}$
9	$1.158 \cdot 10^{-5}$	$-7.147 \cdot 10^{-6}$	$-3.128 \cdot 10^{-8}$	$1.327 \cdot 10^{-8}$	$-2.106 \cdot 10^{-9}$
10	$6.668 \cdot 10^{-6}$	$-4.368 \cdot 10^{-6}$	$-2.681 \cdot 10^{-8}$	$6.33 \cdot 10^{-9}$	$7.619 \cdot 10^{-9}$
11	$-2.12 \cdot 10^{-6}$	$-3.812 \cdot 10^{-6}$	$-2.417 \cdot 10^{-8}$	$3.423 \cdot 10^{-9}$	$3.551 \cdot 10^{-8}$
12	$-3.199 \cdot 10^{-6}$	$-5.24 \cdot 10^{-6}$	$-2.511 \cdot 10^{-8}$	$6.545 \cdot 10^{-9}$	$4.169 \cdot 10^{-8}$
13	$-3.849 \cdot 10^{-6}$	$-4.709 \cdot 10^{-6}$	$-2.31 \cdot 10^{-8}$	$5.583 \cdot 10^{-9}$	$4.134 \cdot 10^{-8}$
14	$3.936 \cdot 10^{-6}$	$-1.141 \cdot 10^{-5}$	$-3.57 \cdot 10^{-8}$	$2.115 \cdot 10^{-8}$	$3.355 \cdot 10^{-8}$
15	$-4.894 \cdot 10^{-5}$	$2.98 \cdot 10^{-5}$	$6.56 \cdot 10^{-8}$	$-6.984 \cdot 10^{-8}$	$7.465 \cdot 10^{-8}$

E := identity (20)

m01 := 0.01^2

KHe := m01 · E

K1 := Khetx · a(X, Y)^T

K2 := a(X, Y) · Khetx^T

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	$1 \cdot 10^{-4}$	$7.263 \cdot 10^{-6}$	$1.348 \cdot 10^{-5}$	$2.246 \cdot 10^{-6}$	$9.395 \cdot 10^{-6}$	$1.217 \cdot 10^{-5}$	$4.404 \cdot 10^{-5}$	$2.073 \cdot 10^{-5}$	$6.515 \cdot 10^{-6}$	$6.686 \cdot 10^{-7}$
1	$7.263 \cdot 10^{-6}$	$1.129 \cdot 10^{-4}$	$1.551 \cdot 10^{-5}$	$4.561 \cdot 10^{-6}$	$1.033 \cdot 10^{-5}$	$1.039 \cdot 10^{-5}$	$3.831 \cdot 10^{-5}$	$1.36 \cdot 10^{-5}$	$3.324 \cdot 10^{-6}$	$-1.028 \cdot 10^{-6}$
2	$1.348 \cdot 10^{-5}$	$1.551 \cdot 10^{-5}$	$1.133 \cdot 10^{-4}$	$1.044 \cdot 10^{-5}$	$1.036 \cdot 10^{-5}$	$3.106 \cdot 10^{-6}$	$1.345 \cdot 10^{-5}$	$-1.895 \cdot 10^{-5}$	$-1.499 \cdot 10^{-5}$	$-1.056 \cdot 10^{-5}$
3	$2.246 \cdot 10^{-6}$	$4.561 \cdot 10^{-6}$	$1.044 \cdot 10^{-5}$	$1.102 \cdot 10^{-4}$	$5.29 \cdot 10^{-6}$	$1.656 \cdot 10^{-6}$	$7.1 \cdot 10^{-6}$	$-2.463 \cdot 10^{-5}$	$-2.764 \cdot 10^{-5}$	$-2.343 \cdot 10^{-5}$
4	$9.395 \cdot 10^{-6}$	$1.033 \cdot 10^{-5}$	$1.036 \cdot 10^{-5}$	$5.29 \cdot 10^{-6}$	$1.053 \cdot 10^{-4}$	$3.917 \cdot 10^{-6}$	$1.382 \cdot 10^{-5}$	$-4.606 \cdot 10^{-6}$	$-7.615 \cdot 10^{-6}$	$-8.991 \cdot 10^{-6}$
5	$1.217 \cdot 10^{-5}$	$1.039 \cdot 10^{-5}$	$3.106 \cdot 10^{-6}$	$1.656 \cdot 10^{-6}$	$3.917 \cdot 10^{-6}$	$1.008 \cdot 10^{-4}$	$2.484 \cdot 10^{-6}$	$-5.903 \cdot 10^{-6}$	$1.852 \cdot 10^{-6}$	$2.172 \cdot 10^{-6}$
6	$4.404 \cdot 10^{-5}$	$3.831 \cdot 10^{-5}$	$1.345 \cdot 10^{-5}$	$7.1 \cdot 10^{-6}$	$1.382 \cdot 10^{-5}$	$2.484 \cdot 10^{-6}$	$1.042 \cdot 10^{-4}$	$-4.965 \cdot 10^{-6}$	$1.866 \cdot 10^{-5}$	$1.888 \cdot 10^{-5}$
7	$2.073 \cdot 10^{-5}$	$1.36 \cdot 10^{-5}$	$-1.895 \cdot 10^{-5}$	$-2.463 \cdot 10^{-5}$	$-4.606 \cdot 10^{-6}$	$-5.903 \cdot 10^{-6}$	$-4.965 \cdot 10^{-6}$	$1.447 \cdot 10^{-4}$	$6.786 \cdot 10^{-5}$	$6.074 \cdot 10^{-5}$
8	$6.515 \cdot 10^{-6}$	$3.324 \cdot 10^{-6}$	$-1.499 \cdot 10^{-5}$	$-2.764 \cdot 10^{-5}$	$-7.615 \cdot 10^{-6}$	$1.852 \cdot 10^{-6}$	$1.866 \cdot 10^{-5}$	$6.786 \cdot 10^{-5}$	$1.74 \cdot 10^{-4}$	$5.685 \cdot 10^{-5}$
9	$6.686 \cdot 10^{-7}$	$-1.028 \cdot 10^{-6}$	$-1.056 \cdot 10^{-5}$	$-2.343 \cdot 10^{-5}$	$-8.991 \cdot 10^{-6}$	$2.172 \cdot 10^{-6}$	$1.888 \cdot 10^{-5}$	$6.074 \cdot 10^{-5}$	$5.685 \cdot 10^{-5}$	$1.399 \cdot 10^{-4}$
10	$6.723 \cdot 10^{-6}$	$5.032 \cdot 10^{-6}$	$-6.726 \cdot 10^{-6}$	$-2.378 \cdot 10^{-5}$	$-5.384 \cdot 10^{-6}$	$7.439 \cdot 10^{-6}$	$3.259 \cdot 10^{-5}$	$7.264 \cdot 10^{-5}$	$7.596 \cdot 10^{-5}$	$5.398 \cdot 10^{-5}$
11	$7.411 \cdot 10^{-7}$	$1.093 \cdot 10^{-7}$	$-1.468 \cdot 10^{-6}$	$-1.393 \cdot 10^{-5}$	$-8.976 \cdot 10^{-6}$	$-5.824 \cdot 10^{-7}$	$1.167 \cdot 10^{-5}$	$4.062 \cdot 10^{-5}$	$2.779 \cdot 10^{-5}$	$1.481 \cdot 10^{-5}$
12	$-6.193 \cdot 10^{-7}$	$-7.633 \cdot 10^{-7}$	$1.128 \cdot 10^{-6}$	$-1.032 \cdot 10^{-5}$	$-8.91 \cdot 10^{-6}$	$-1.001 \cdot 10^{-6}$	$8.657 \cdot 10^{-6}$	$3.454 \cdot 10^{-5}$	$1.536 \cdot 10^{-5}$	$4.151 \cdot 10^{-6}$
13	$6.825 \cdot 10^{-6}$	$6.595 \cdot 10^{-6}$	$1.126 \cdot 10^{-5}$	$1.937 \cdot 10^{-6}$	$-1.257 \cdot 10^{-5}$	$-1.765 \cdot 10^{-5}$	$-2.364 \cdot 10^{-5}$	$-1.157 \cdot 10^{-5}$	$-4.231 \cdot 10^{-5}$	$-3.923 \cdot 10^{-5}$
14	$1.256 \cdot 10^{-5}$	$1.255 \cdot 10^{-5}$	$1.992 \cdot 10^{-5}$	$9.231 \cdot 10^{-6}$	$-1.159 \cdot 10^{-5}$	$-2.094 \cdot 10^{-5}$	$-2.553 \cdot 10^{-5}$	$-3.178 \cdot 10^{-5}$	$-5.884 \cdot 10^{-5}$	$-5.263 \cdot 10^{-5}$
15	$7.431 \cdot 10^{-6}$	$8.63 \cdot 10^{-6}$	$1.047 \cdot 10^{-5}$	$9.756 \cdot 10^{-6}$	$3.52 \cdot 10^{-6}$	$-4.045 \cdot 10^{-6}$	$-7.948 \cdot 10^{-6}$	$-1.8 \cdot 10^{-5}$	$-9.693 \cdot 10^{-6}$	$-4.459 \cdot 10^{-6}$
16	$-2.485 \cdot 10^{-8}$	$1.816 \cdot 10^{-6}$	$5.632 \cdot 10^{-6}$	$9.516 \cdot 10^{-6}$	$7.074 \cdot 10^{-6}$	$2.211 \cdot 10^{-6}$	$5.994 \cdot 10^{-7}$	$-1.81 \cdot 10^{-5}$	$6.936 \cdot 10^{-6}$	$1.1 \cdot 10^{-5}$
17	$-4.69 \cdot 10^{-6}$	$-2.745 \cdot 10^{-6}$	$2.902 \cdot 10^{-6}$	$9.04 \cdot 10^{-6}$	$7.827 \cdot 10^{-6}$	$5.027 \cdot 10^{-6}$	$5.139 \cdot 10^{-6}$	$-1.933 \cdot 10^{-5}$	$1.439 \cdot 10^{-5}$	$1.739 \cdot 10^{-5}$
18	$-7.849 \cdot 10^{-6}$	$-6.395 \cdot 10^{-6}$	$-1.545 \cdot 10^{-6}$	$6.33 \cdot 10^{-6}$	$5.582 \cdot 10^{-6}$	$4.134 \cdot 10^{-6}$	$3.686 \cdot 10^{-6}$	$-1.379 \cdot 10^{-5}$	$1.52 \cdot 10^{-5}$	$1.866 \cdot 10^{-5}$

K3 := a(X, Y) · (KTx) · a(X, Y)^T

KHs := KHe – K1 – K2 + K3

KHs – prognozuojamų normalinių aukščių tikslumo kovariacijų matrica

$$\begin{array}{l}
 x := \begin{pmatrix} 203 \\ 201 \\ 198 \\ 193 \\ 189 \\ 186 \\ 182 \\ 181 \\ 176 \\ 171 \\ 166 \\ 159 \\ 153 \\ 151 \\ 148 \\ 135 \\ 132 \\ 131 \\ 124 \\ 117 \end{pmatrix} \quad y := \begin{pmatrix} 317 \\ 317 \\ 316 \\ 319 \\ 320 \\ 319 \\ 317 \\ 316 \\ 322 \\ 326 \\ 328 \\ 333 \\ 337 \\ 338 \\ 341 \\ 342 \\ 343 \\ 344 \\ 351 \\ 361 \end{pmatrix} \quad A(x,y) := \begin{array}{l} \text{for } i \in 0..N-1 \\ \quad \begin{array}{l} a_{i,0} \leftarrow 1 \\ a_{i,1} \leftarrow x_i \\ a_{i,2} \leftarrow y_i \\ a_{i,3} \leftarrow (x_i)^2 \\ a_{i,4} \leftarrow (y_i)^2 \\ a_{i,5} \leftarrow x_i \cdot y_i \end{array} \\ \text{for } i \in 0..N-1 \\ \quad \text{for } j \in 0..5 \\ \quad \quad a_{i,N+j} \leftarrow 0 \\ \text{for } i \in 0..N-1 \\ \quad a_{i,6+i} \leftarrow 1 \\ \text{for } i \in 0..N-1 \\ \quad \text{for } j \in 0..5 \\ \quad \quad a_{N+i,j} \leftarrow 0 \\ \text{for } i \in 0..N-1 \\ \quad \text{for } j \in 0..5 \\ \quad \quad a_{N+i,N+j} \leftarrow 0 \\ \text{for } i \in 0..N-1 \\ \quad a_{N+i,6+i} \leftarrow 1 \\ a \end{array}
 \end{array}$$

x, y – taškų koordinatės, naudojamos prognozuojamo modelio parametrų nustatymui;

$N := 20$, taškų skaičius, naudojamų skaičiavimuose;

$A(x,y)$ - 6 parametrų prognozės lygčių koeficientų matrica, kuri sudaryta iš prognozavimo taškų koordinatžių;

A(x,y) =

	0	1	2	3	4	5	6
0	1	203	317	$4.121 \cdot 10^4$	$1.005 \cdot 10^5$	$6.435 \cdot 10^4$	1
1	1	201	317	$4.04 \cdot 10^4$	$1.005 \cdot 10^5$	$6.372 \cdot 10^4$	0
2	1	198	316	$3.92 \cdot 10^4$	$9.986 \cdot 10^4$	$6.257 \cdot 10^4$	0
3	1	193	319	$3.725 \cdot 10^4$	$1.018 \cdot 10^5$	$6.157 \cdot 10^4$	0
4	1	189	320	$3.572 \cdot 10^4$	$1.024 \cdot 10^5$	$6.048 \cdot 10^4$	0
5	1	186	319	$3.46 \cdot 10^4$	$1.018 \cdot 10^5$	$5.933 \cdot 10^4$	0
6	1	182	317	$3.312 \cdot 10^4$	$1.005 \cdot 10^5$	$5.769 \cdot 10^4$	0
7	1	181	316	$3.276 \cdot 10^4$	$9.986 \cdot 10^4$	$5.72 \cdot 10^4$	0
8	1	176	322	$3.098 \cdot 10^4$	$1.037 \cdot 10^5$	$5.667 \cdot 10^4$	0
9	1	171	326	$2.924 \cdot 10^4$	$1.063 \cdot 10^5$	$5.575 \cdot 10^4$	0
10	1	166	328	$2.756 \cdot 10^4$	$1.076 \cdot 10^5$	$5.445 \cdot 10^4$	0
11	1	159	333	$2.528 \cdot 10^4$	$1.109 \cdot 10^5$	$5.295 \cdot 10^4$	0
12	1	153	337	$2.341 \cdot 10^4$	$1.136 \cdot 10^5$	$5.156 \cdot 10^4$	0
13	1	151	338	$2.28 \cdot 10^4$	$1.142 \cdot 10^5$	$5.104 \cdot 10^4$	0
14	1	148	341	$2.19 \cdot 10^4$	$1.163 \cdot 10^5$	$5.047 \cdot 10^4$	0
15	1	135	342	$1.822 \cdot 10^4$	$1.17 \cdot 10^5$	$4.617 \cdot 10^4$	0
16	1	132	343	$1.742 \cdot 10^4$	$1.176 \cdot 10^5$	$4.528 \cdot 10^4$	0
17	1	131	344	$1.716 \cdot 10^4$	$1.183 \cdot 10^5$	$4.506 \cdot 10^4$	0
18	1	124	351	$1.538 \cdot 10^4$	$1.232 \cdot 10^5$	$4.352 \cdot 10^4$	0
19	1	117	361	$1.369 \cdot 10^4$	$1.303 \cdot 10^5$	$4.224 \cdot 10^4$	0
20	0	0	0	0	0	0	1

		0	
	0	24.649	
	1	24.598	
	2	24.641	
	3	24.617	
	4	24.665	
	5	24.692	
	6	24.74	
	7	24.733	
	8	24.705	
	9	24.727	
	10	24.727	
	11	24.717	
	12	24.75	
	13	24.748	
	14	24.76	
	15	24.971	
	16	24.949	
	17	24.952	
	18	25.022	
Hen :=	L =	19	25.116
24.649		20	0
24.598		21	0
24.641		22	0
24.617		23	0
24.665		24	0
24.692		25	0
24.74		26	0
24.733		27	0
24.705		28	0
24.727		29	0
24.727		30	0
24.717		31	0
24.750		32	0
24.748		33	0
24.760		34	0
24.971		35	0
24.949		36	0
24.952		37	0
25.022		38	0
25.116		39	0

for $i \in 0..N-1$
 $a_i \leftarrow \text{Hen}_i$
for $i \in 0..N-1$
 $a_{i+N} \leftarrow 0$

a

L- laisvųjų narių vektorius

Hen – prognozių taškų, naudojamų parametrams apskaičiuoti elipsoidinis aukštis;

NA – normalinių lygčių koeficientų matrica;

$$NA := A(x,y)^T \cdot A(x,y)$$

	0	1	2	3	4	5	6
0	20	$3.296 \cdot 10^3$	$6.607 \cdot 10^3$	$5.573 \cdot 10^5$	$2.186 \cdot 10^6$	$1.082 \cdot 10^6$	1
1	$3.296 \cdot 10^3$	$5.573 \cdot 10^5$	$1.082 \cdot 10^6$	$9.641 \cdot 10^7$	$3.557 \cdot 10^8$	$1.819 \cdot 10^8$	203
2	$6.607 \cdot 10^3$	$1.082 \cdot 10^6$	$2.186 \cdot 10^6$	$1.819 \cdot 10^8$	$7.245 \cdot 10^8$	$3.557 \cdot 10^8$	317
3	$5.573 \cdot 10^5$	$9.641 \cdot 10^7$	$1.819 \cdot 10^8$	$1.701 \cdot 10^{10}$	$5.947 \cdot 10^{10}$	$3.132 \cdot 10^{10}$	$4.121 \cdot 10^4$
4	$2.186 \cdot 10^6$	$3.557 \cdot 10^8$	$7.245 \cdot 10^8$	$5.947 \cdot 10^{10}$	$2.405 \cdot 10^{11}$	$1.171 \cdot 10^{11}$	$1.005 \cdot 10^5$
5	$1.082 \cdot 10^6$	$1.819 \cdot 10^8$	$3.557 \cdot 10^8$	$3.132 \cdot 10^{10}$	$1.171 \cdot 10^{11}$	$5.947 \cdot 10^{10}$	$6.435 \cdot 10^4$
6	1	203	317	$4.121 \cdot 10^4$	$1.005 \cdot 10^5$	$6.435 \cdot 10^4$	2
7	1	201	317	$4.04 \cdot 10^4$	$1.005 \cdot 10^5$	$6.372 \cdot 10^4$	0
8	1	198	316	$3.92 \cdot 10^4$	$9.986 \cdot 10^4$	$6.257 \cdot 10^4$	0
9	1	193	319	$3.725 \cdot 10^4$	$1.018 \cdot 10^5$	$6.157 \cdot 10^4$	0
10	1	189	320	$3.572 \cdot 10^4$	$1.024 \cdot 10^5$	$6.048 \cdot 10^4$	0
11	1	186	319	$3.46 \cdot 10^4$	$1.018 \cdot 10^5$	$5.933 \cdot 10^4$	0
12	1	182	317	$3.312 \cdot 10^4$	$1.005 \cdot 10^5$	$5.769 \cdot 10^4$	0
13	1	181	316	$3.276 \cdot 10^4$	$9.986 \cdot 10^4$	$5.72 \cdot 10^4$	0
14	1	176	322	$3.098 \cdot 10^4$	$1.037 \cdot 10^5$	$5.667 \cdot 10^4$	0
15	1	171	326	$2.924 \cdot 10^4$	$1.063 \cdot 10^5$	$5.575 \cdot 10^4$	0
16	1	166	328	$2.756 \cdot 10^4$	$1.076 \cdot 10^5$	$5.445 \cdot 10^4$	0
17	1	159	333	$2.528 \cdot 10^4$	$1.109 \cdot 10^5$	$5.295 \cdot 10^4$	0
18	1	153	337	$2.341 \cdot 10^4$	$1.136 \cdot 10^5$	$5.156 \cdot 10^4$	0
19	1	151	338	$2.28 \cdot 10^4$	$1.142 \cdot 10^5$	$5.104 \cdot 10^4$	0
20	1	148	341	$2.19 \cdot 10^4$	$1.163 \cdot 10^5$	$5.047 \cdot 10^4$	0
21	1	135	342	$1.822 \cdot 10^4$	$1.17 \cdot 10^5$	$4.617 \cdot 10^4$	0
22	1	132	343	$1.742 \cdot 10^4$	$1.176 \cdot 10^5$	$4.528 \cdot 10^4$	0
23	1	131	344	$1.716 \cdot 10^4$	$1.183 \cdot 10^5$	$4.506 \cdot 10^4$	0
24	1	124	351	$1.538 \cdot 10^4$	$1.232 \cdot 10^5$	$4.352 \cdot 10^4$	0

$$W := A(x, y)^T \cdot L$$

w- laisvųjų narių vektorius;

$$\tau := -NA^{-1} \cdot W$$

τ - parametrų vektorius;

$$\tau := -NA^{-1} \cdot W$$

$$N := 20$$

X, Y – taškų koordinatės, naudojamos normaliams prognoziniam aukščiams nustatyti;

$N := 20$, taškų skaičius, naudojamų skaičiavimuose;

$A(X, Y)$ - prognozės lygčių koeficientų matrica, kuri sudaryta iš prognozavimo taškų koordinatų;

	0
0	495.479
1	$8.159 \cdot 10^4$
2	$1.637 \cdot 10^5$
3	$1.378 \cdot 10^7$
4	$5.418 \cdot 10^7$
5	$2.679 \cdot 10^7$
6	24.649
7	24.598
8	24.641
9	24.617
10	24.665
11	24.692
12	24.74
13	24.733
14	24.705
15	24.727
16	24.727
17	24.717
18	24.75
19	24.748
20	24.76
21	24.971
22	24.949
23	24.952
24	25.022
25	25.116

$$W =$$

	0
0	-54.16
1	0.046
2	0.14
3	$-7.533 \cdot 10^{-5}$
4	$-1.876 \cdot 10^{-4}$
5	$-3.494 \cdot 10^{-5}$
6	-0.015
7	0.014
8	$6.828 \cdot 10^{-3}$
9	$9.6 \cdot 10^{-3}$
10	-0.01
11	$-7.511 \cdot 10^{-3}$
12	$-3.478 \cdot 10^{-3}$
13	0.011
14	$5.219 \cdot 10^{-4}$
15	-0.016
16	$-5.916 \cdot 10^{-3}$
17	$5.509 \cdot 10^{-3}$
18	$1.436 \cdot 10^{-3}$
19	$9.035 \cdot 10^{-3}$
20	$8.045 \cdot 10^{-3}$
21	-0.021
22	$6.188 \cdot 10^{-3}$
23	$8.079 \cdot 10^{-3}$
24	$3.206 \cdot 10^{-3}$
25	$-4.638 \cdot 10^{-3}$

$$\tau =$$

$$X := \begin{pmatrix} 203 \\ 202 \\ 200 \\ 196 \\ 192 \\ 187 \\ 187 \\ 162 \\ 157 \\ 155 \\ 149 \\ 146 \\ 145 \\ 135 \\ 127 \\ 125 \\ 123 \\ 122 \\ 121 \\ 115 \end{pmatrix}$$

$$Y := \begin{pmatrix} 317 \\ 317 \\ 316 \\ 317 \\ 319 \\ 320 \\ 320 \\ 330 \\ 335 \\ 336 \\ 341 \\ 340 \\ 340 \\ 342 \\ 348 \\ 350 \\ 353 \\ 355 \\ 356 \\ 363 \end{pmatrix}$$

$$A(X, Y) :=$$

```

for i ∈ 0.. N - 1
    ai,0 ← 1
    ai,1 ← Xi
    ai,2 ← Yi
    ai,3 ← (Xi)2
    ai,4 ← (Yi)2
    ai,5 ← Xi · Yi
for i ∈ 0.. N - 1
    for j ∈ 0.. 5
        ai,N+j ← 0
for i ∈ 0.. N - 1
    ai,6+i ← 1
for i ∈ 0.. N - 1
    for j ∈ 0.. 5
        aN+i,j ← 0
for i ∈ 0.. N - 1
    for j ∈ 0.. 5
        aN+i,N+j ← 0
for i ∈ 0.. N - 1
    aN+i,6+i ← 1
a

```

$N := 20$

A(X, Y) =

	0	1	2	3	4	5	6
0	1	203	317	$4.121 \cdot 10^4$	$1.005 \cdot 10^5$	$6.435 \cdot 10^4$	1
1	1	202	317	$4.08 \cdot 10^4$	$1.005 \cdot 10^5$	$6.403 \cdot 10^4$	0
2	1	200	316	$4 \cdot 10^4$	$9.986 \cdot 10^4$	$6.32 \cdot 10^4$	0
3	1	196	317	$3.842 \cdot 10^4$	$1.005 \cdot 10^5$	$6.213 \cdot 10^4$	0
4	1	192	319	$3.686 \cdot 10^4$	$1.018 \cdot 10^5$	$6.125 \cdot 10^4$	0
5	1	187	320	$3.497 \cdot 10^4$	$1.024 \cdot 10^5$	$5.984 \cdot 10^4$	0
6	1	187	320	$3.497 \cdot 10^4$	$1.024 \cdot 10^5$	$5.984 \cdot 10^4$	0
7	1	162	330	$2.624 \cdot 10^4$	$1.089 \cdot 10^5$	$5.346 \cdot 10^4$	0
8	1	157	335	$2.465 \cdot 10^4$	$1.122 \cdot 10^5$	$5.26 \cdot 10^4$	0
9	1	155	336	$2.402 \cdot 10^4$	$1.129 \cdot 10^5$	$5.208 \cdot 10^4$	0
10	1	149	341	$2.22 \cdot 10^4$	$1.163 \cdot 10^5$	$5.081 \cdot 10^4$	0
11	1	146	340	$2.132 \cdot 10^4$	$1.156 \cdot 10^5$	$4.964 \cdot 10^4$	0
12	1	145	340	$2.103 \cdot 10^4$	$1.156 \cdot 10^5$	$4.93 \cdot 10^4$	0
13	1	135	342	$1.822 \cdot 10^4$	$1.17 \cdot 10^5$	$4.617 \cdot 10^4$	0
14	1	127	348	$1.613 \cdot 10^4$	$1.211 \cdot 10^5$	$4.42 \cdot 10^4$	0
15	1	125	350	$1.563 \cdot 10^4$	$1.225 \cdot 10^5$	$4.375 \cdot 10^4$	0
16	1	123	353	$1.513 \cdot 10^4$	$1.246 \cdot 10^5$	$4.342 \cdot 10^4$	0
17	1	122	355	$1.488 \cdot 10^4$	$1.26 \cdot 10^5$	$4.331 \cdot 10^4$	0
18	1	121	356	$1.464 \cdot 10^4$	$1.267 \cdot 10^5$	$4.308 \cdot 10^4$	0
19	1	115	363	$1.323 \cdot 10^4$	$1.318 \cdot 10^5$	$4.175 \cdot 10^4$	0
20	0	0	0	0	0	0	1
21	0	0	0	0	0	0	0

T := -A(X, Y) · τ

T =		0	He := 33.710 34.376 38.40 35.412 39.093 55.620 54.974 36.866 29.889 29.978 41.288 31.297 33.781 43.56 35.444 34.798 35.282 40.860 37.464 38.480	Tl := for i ∈ 0.. N - 1 for j ∈ 0 a_{i,j} ← T_{i,j} a	Tl =		0	Hn =		0	1
	0	24.634				0	24.634		0	9.076	
	1	24.608				1	24.608		1	9.768	
	2	24.639				2	24.639		2	13.761	
	3	24.64				3	24.64		3	10.772	
	4	24.652				4	24.652		4	14.441	
	5	24.664				5	24.664		5	30.956	
	6	24.66				6	24.66		6	30.314	
	7	24.719				7	24.719		7	12.147	
	8	24.728				8	24.728		8	5.161	
	9	24.756				9	24.756		9	5.222	
	10	24.771				10	24.771		10	16.517	
	11	24.801				11	24.801		11	6.496	
	12	24.817				12	24.817		12	8.964	
	13	24.919				13	24.919		13	18.641	
	14	24.992				14	24.992		14	10.452	
	15	25.04				15	25.04		15	9.758	
	16	25.029				16	25.029		16	10.253	
	17	25.035				17	25.035		17	15.825	
	18	25.052				18	25.052		18	12.412	
	19	25.141				19	25.141		19	13.339	
	20	0.015									
	21	-0.014									
	22	-6.828·10 ⁻³									
	23	-9.6·10 ⁻³									
	24	0.01									
	25	7.511·10 ⁻³									
	26	3.478·10 ⁻³									
	27	-0.011									
	28	-5.219·10 ⁻⁴									
	29	0.016									
	30	5.916·10 ⁻³									
	31	-5.509·10 ⁻³									
	32	-1.436·10 ⁻³									
	33	-9.035·10 ⁻³									
	34	-8.045·10 ⁻³									
	35	0.021									
	36	-6.188·10 ⁻³									
	37	-8.079·10 ⁻³									
	38	-3.206·10 ⁻³									
	39	4.638·10 ⁻³									

Hn1 :=	9.112	HΔ =		0	V =		0
	9.792		0	0.036		0	0.015
	13.746		1	0.024		1	-0.014
	10.777		2	-0.015		2	-6.829·10 ⁻³
	14.444		3	4.858·10 ⁻³		3	-9.601·10 ⁻³
	30.950		4	2.735·10 ⁻³		4	0.01
	30.308		5	-5.776·10 ⁻³		5	7.511·10 ⁻³
	12.131		6	-5.81·10 ⁻³		6	3.477·10 ⁻³
	5.156		7	-0.016		7	-0.011
	5.230		8	-4.533·10 ⁻³		8	-5.224·10 ⁻⁴
	16.514		9	8.38·10 ⁻³		9	0.016
	6.510		10	-3.227·10 ⁻³		10	5.916·10 ⁻³
	8.973		11	0.014		11	-5.509·10 ⁻³
	18.653		12	8.836·10 ⁻³		12	-1.436·10 ⁻³
	10.419		13	0.012		13	-9.035·10 ⁻³
	9.776		14	-0.033		14	-8.045·10 ⁻³
	10.265		15	0.018		15	0.021
	15.788		16	0.012			
	12.411		17	-0.037			
	13.315		18	-1.084·10 ⁻³			
			19	-0.024			

He – taškų, naudojamų skaičiavimuose elipsodinis aukštis;

Hn1 – taškų, naudojamų skaičiavimuose normalinis aukštis;

Hn – taškų, naudojamų skaičiavimuose prognozinis normalinis aukštis;

HΔ - taškų normalinio ir prognozinio normalinio aukščių skirtumai;

$$H_n := H_e - T_1$$

$$H_{\Delta} := H_{n1} - H_n$$

$V := A(x, y) \cdot \tau + L$ pataisų lygčių sistema;

m_{Hs} – prognozzinių normalinių aukščių tikslumas;

$$m_{Hs} := \sqrt{\frac{1}{N-1} \cdot \sum H_{\Delta}^2}$$

$$m_{Hs} = 0.018$$

$$m_0 := \frac{1}{N-5} \cdot V^T \cdot V$$

m_0 – standartinis nuokrypis;

$$m_0 = (2.573 \times 10^{-4})$$

	0	1	2	3	4	5
0	$3.515 \cdot 10^7$	$-8.835 \cdot 10^4$	$-1.691 \cdot 10^5$	53.03	202.718	214.784
1	$-8.835 \cdot 10^4$	223.057	424.402	-0.134	-0.508	-0.542
2	$-1.691 \cdot 10^5$	424.402	813.325	-0.254	-0.976	-1.032
3	53.03	-0.134	-0.254	$8.163 \cdot 10^{-5}$	$3.043 \cdot 10^{-4}$	$3.26 \cdot 10^{-4}$
4	202.718	-0.508	-0.976	$3.043 \cdot 10^{-4}$	$1.171 \cdot 10^{-3}$	$1.237 \cdot 10^{-3}$
5	214.784	-0.542	-1.032	$3.26 \cdot 10^{-4}$	$1.237 \cdot 10^{-3}$	$1.316 \cdot 10^{-3}$
6	$-1.813 \cdot 10^3$	4.78	8.63	$-3.056 \cdot 10^{-3}$	-0.01	-0.011
7	-651.388	1.794	3.069	$-1.221 \cdot 10^{-3}$	$-3.61 \cdot 10^{-3}$	$-4.24 \cdot 10^{-3}$
8	$1.588 \cdot 10^3$	-3.974	-7.646	$2.31 \cdot 10^{-3}$	$9.169 \cdot 10^{-3}$	$9.732 \cdot 10^{-3}$
9	554.025	-1.355	-2.671	$7.858 \cdot 10^{-4}$	$3.212 \cdot 10^{-3}$	$3.302 \cdot 10^{-3}$
10	868.628	-2.189	-4.165	$1.33 \cdot 10^{-3}$	$4.982 \cdot 10^{-3}$	$5.29 \cdot 10^{-3}$
11	$1.484 \cdot 10^3$	-3.828	-7.098	$2.347 \cdot 10^{-3}$	$8.462 \cdot 10^{-3}$	$9.261 \cdot 10^{-3}$
12	-191.797	0.262	0.994	$-7.659 \cdot 10^{-5}$	$-1.289 \cdot 10^{-3}$	$-6.805 \cdot 10^{-4}$
13	$-1.63 \cdot 10^3$	3.832	7.921	$-2.212 \cdot 10^{-3}$	$-9.613 \cdot 10^{-3}$	$-9.354 \cdot 10^{-3}$
14	280.397	-0.81	-1.309	$5.686 \cdot 10^{-4}$	$1.526 \cdot 10^{-3}$	$1.897 \cdot 10^{-3}$
15	255.797	-0.687	-1.203	$5.049 \cdot 10^{-4}$	$1.425 \cdot 10^{-3}$	$1.571 \cdot 10^{-3}$

$NA^{-1} =$

Q11 := submatrix(NA^{-1} , 0, 5, 0, 5)

Q22 := submatrix(NA^{-1} , 6, 25, 6, 25)

Q21 := submatrix(NA^{-1} , 6, 25, 0, 5)

Q12 := submatrix(NA^{-1} , 6, 25, 0, 5)

$m0 = (2.573 \times 10^{-4})$

$K\tau n := 2.573 \times 10^{-4} \cdot Q22$

$KTx := 2.573 \times 10^{-4} \cdot Q11$

$a(X, Y) := \left[\begin{array}{l} a(x, y) := \text{for } i \in 0.. N - 1 \\ \left[\begin{array}{l} a_{i,0} \leftarrow 1 \\ a_{i,1} \leftarrow X_i \\ a_{i,2} \leftarrow Y_i \\ a_{i,3} \leftarrow (X_i)^2 \\ a_{i,4} \leftarrow (Y_i)^2 \\ a_{i,5} \leftarrow X_i \cdot Y_i \end{array} \right] \end{array} \right] a(x, y) := \left[\begin{array}{l} \text{for } i \in 0.. N - 1 \\ \left[\begin{array}{l} a_{i,0} \leftarrow 1 \\ a_{i,1} \leftarrow x_i \\ a_{i,2} \leftarrow y_i \\ a_{i,3} \leftarrow (x_i)^2 \\ a_{i,4} \leftarrow (y_i)^2 \\ a_{i,5} \leftarrow x_i \cdot y_i \end{array} \right] \end{array} \right] a$

$b := a(x, y) \cdot Q11$

$m0 = (2.573 \times 10^{-4})$

$g := b + Q21$

$Khetx := 2.573 \times 10^{-4} \cdot g$

	0	1	2	3	4	5
0	0.467	-1.23·10 ⁻³	-2.22·10 ⁻³	7.863·10 ⁻⁷	2.636·10 ⁻⁶	2.949·10 ⁻⁶
1	0.168	-4.616·10 ⁻⁴	-7.895·10 ⁻⁴	3.142·10 ⁻⁷	9.289·10 ⁻⁷	1.091·10 ⁻⁶
2	-0.408	1.023·10 ⁻³	1.967·10 ⁻³	-5.945·10 ⁻⁷	-2.359·10 ⁻⁶	-2.504·10 ⁻⁶
3	-0.143	3.486·10 ⁻⁴	6.873·10 ⁻⁴	-2.022·10 ⁻⁷	-8.265·10 ⁻⁷	-8.495·10 ⁻⁷
4	-0.223	5.632·10 ⁻⁴	1.072·10 ⁻³	-3.421·10 ⁻⁷	-1.282·10 ⁻⁶	-1.361·10 ⁻⁶
5	-0.382	9.849·10 ⁻⁴	1.826·10 ⁻³	-6.038·10 ⁻⁷	-2.177·10 ⁻⁶	-2.383·10 ⁻⁶
6	0.049	-6.741·10 ⁻⁵	-2.558·10 ⁻⁴	1.971·10 ⁻⁸	3.318·10 ⁻⁷	1.751·10 ⁻⁷
7	0.419	-9.859·10 ⁻⁴	-2.038·10 ⁻³	5.691·10 ⁻⁷	2.473·10 ⁻⁶	2.407·10 ⁻⁶
8	-0.072	2.083·10 ⁻⁴	3.367·10 ⁻⁴	-1.463·10 ⁻⁷	-3.927·10 ⁻⁷	-4.882·10 ⁻⁷
9	-0.066	1.768·10 ⁻⁴	3.095·10 ⁻⁴	-1.299·10 ⁻⁷	-3.666·10 ⁻⁷	-4.042·10 ⁻⁷
10	0.016	-3.247·10 ⁻⁵	-7.89·10 ⁻⁵	-2.831·10 ⁻⁹	9.568·10 ⁻⁸	1.023·10 ⁻⁷
11	0.027	-6.919·10 ⁻⁵	-1.322·10 ⁻⁴	1.663·10 ⁻⁸	1.574·10 ⁻⁷	1.979·10 ⁻⁷
12	0.049	-1.257·10 ⁻⁴	-2.396·10 ⁻⁴	4.897·10 ⁻⁸	2.875·10 ⁻⁷	3.387·10 ⁻⁷
13	0.036	-9.305·10 ⁻⁵	-1.755·10 ⁻⁴	3.099·10 ⁻⁸	2.103·10 ⁻⁷	2.575·10 ⁻⁷
14	0.139	-3.461·10 ⁻⁴	-6.808·10 ⁻⁴	1.751·10 ⁻⁷	8.237·10 ⁻⁷	8.836·10 ⁻⁷
15	0.099	-2.975·10 ⁻⁴	-4.485·10 ⁻⁴	2.141·10 ⁻⁷	5.045·10 ⁻⁷	6.8·10 ⁻⁷

E := identity (20)

m01 := 0.01²

KHe := m01 · E

K1 := Khetx · a(X, Y)^T kovariacijų matricos

K2 := a(X, Y) · Khetx^T

K3 := a(X, Y) · (KTx) · a(X, Y)^T

KHs := KHe – K1 – K2 + K3

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	10·10 ⁻⁵	2.183·10 ⁻⁵	2.989·10 ⁻⁵	-1.828·10 ⁻⁵	9.795·10 ⁻⁶	1.972·10 ⁻⁵	6.412·10 ⁻⁶	-1.782·10 ⁻⁵	2.041·10 ⁻⁵	1.345·10 ⁻⁵
1	2.183·10 ⁻⁵	1.322·10 ⁻⁴	1.85·10 ⁻⁵	-1.992·10 ⁻⁵	3.642·10 ⁻⁶	5.703·10 ⁻⁶	3.443·10 ⁻⁶	-1.045·10 ⁻⁵	1.46·10 ⁻⁵	9.337·10 ⁻⁶
2	2.989·10 ⁻⁵	1.85·10 ⁻⁵	9.532·10 ⁻⁵	8.839·10 ⁻⁶	2.036·10 ⁻⁶	-1.205·10 ⁻⁵	2.159·10 ⁻⁵	3.387·10 ⁻⁶	-1.98·10 ⁻⁵	-1.501·10 ⁻⁵
3	-1.828·10 ⁻⁵	-1.992·10 ⁻⁵	8.839·10 ⁻⁶	1.399·10 ⁻⁴	1.43·10 ⁻⁵	9.354·10 ⁻⁶	4.721·10 ⁻⁵	1.548·10 ⁻⁶	-4.011·10 ⁻⁵	-3.484·10 ⁻⁵
4	9.795·10 ⁻⁶	3.642·10 ⁻⁶	2.036·10 ⁻⁶	1.43·10 ⁻⁵	1.046·10 ⁻⁴	-2.045·10 ⁻⁷	3.024·10 ⁻⁵	1.333·10 ⁻⁵	-1.392·10 ⁻⁵	-1.469·10 ⁻⁵
5	1.972·10 ⁻⁵	5.703·10 ⁻⁶	-1.205·10 ⁻⁵	9.354·10 ⁻⁶	-2.045·10 ⁻⁷	9.05·10 ⁻⁵	2.138·10 ⁻⁵	2.007·10 ⁻⁵	-6.327·10 ⁻⁶	-5.297·10 ⁻⁶
6	6.412·10 ⁻⁶	3.443·10 ⁻⁶	2.159·10 ⁻⁵	4.721·10 ⁻⁵	3.024·10 ⁻⁵	2.138·10 ⁻⁵	1.523·10 ⁻⁴	1.621·10 ⁻⁵	4.036·10 ⁻⁶	5.504·10 ⁻⁶
7	-1.782·10 ⁻⁵	-1.045·10 ⁻⁵	3.387·10 ⁻⁶	1.548·10 ⁻⁶	1.333·10 ⁻⁵	2.007·10 ⁻⁵	1.621·10 ⁻⁵	1.356·10 ⁻⁴	6.271·10 ⁻⁵	5.607·10 ⁻⁵
8	2.041·10 ⁻⁵	1.46·10 ⁻⁵	-1.98·10 ⁻⁵	-4.011·10 ⁻⁵	-1.392·10 ⁻⁵	-6.327·10 ⁻⁶	4.036·10 ⁻⁶	6.271·10 ⁻⁵	1.763·10 ⁻⁴	5.914·10 ⁻⁵
9	1.345·10 ⁻⁵	9.337·10 ⁻⁶	-1.501·10 ⁻⁵	-3.484·10 ⁻⁵	-1.469·10 ⁻⁵	-5.297·10 ⁻⁶	5.504·10 ⁻⁶	5.607·10 ⁻⁵	5.914·10 ⁻⁵	1.422·10 ⁻⁴
10	2.787·10 ⁻⁵	2.609·10 ⁻⁵	-9.895·10 ⁻⁶	-4.858·10 ⁻⁵	-1.492·10 ⁻⁵	-2.98·10 ⁻⁶	4.706·10 ⁻⁷	5.526·10 ⁻⁵	8.393·10 ⁻⁵	6.157·10 ⁻⁵
11	-5.13·10 ⁻⁶	-4.734·10 ⁻⁶	5.831·10 ⁻⁷	-8.037·10 ⁻⁶	-6.092·10 ⁻⁶	2.77·10 ⁻⁶	1.763·10 ⁻⁵	4.158·10 ⁻⁵	2.549·10 ⁻⁵	1.295·10 ⁻⁵
12	-1.019·10 ⁻⁵	-8.513·10 ⁻⁶	4.59·10 ⁻⁶	-1.157·10 ⁻⁶	-4.306·10 ⁻⁶	4.571·10 ⁻⁶	1.823·10 ⁻⁵	3.638·10 ⁻⁵	1.239·10 ⁻⁵	1.657·10 ⁻⁶
13	1.326·10 ⁻⁵	1.397·10 ⁻⁵	1.11·10 ⁻⁵	-7.276·10 ⁻⁶	-1.524·10 ⁻⁵	-1.994·10 ⁻⁵	-3.526·10 ⁻⁵	-1.873·10 ⁻⁵	-3.753·10 ⁻⁵	-3.485·10 ⁻⁵
14	-3.769·10 ⁻⁵	-3.185·10 ⁻⁵	3.356·10 ⁻⁵	6.073·10 ⁻⁵	1.153·10 ⁻⁵	6.536·10 ⁻⁶	3.496·10 ⁻⁵	-8.271·10 ⁻⁶	-7.48·10 ⁻⁵	-6.721·10 ⁻⁵
15	-5.121·10 ⁻⁵	-4.519·10 ⁻⁵	2.443·10 ⁻⁵	7.282·10 ⁻⁵	3.013·10 ⁻⁵	2.659·10 ⁻⁵	6.736·10 ⁻⁵	1.429·10 ⁻⁵	-3.154·10 ⁻⁵	-2.448·10 ⁻⁵
16	-6.782·10 ⁻⁵	-5.947·10 ⁻⁵	2.301·10 ⁻⁵	8.136·10 ⁻⁵	3.789·10 ⁻⁵	3.808·10 ⁻⁵	8.536·10 ⁻⁵	1.685·10 ⁻⁵	-1.789·10 ⁻⁵	-1.174·10 ⁻⁵
17	-4.852·10 ⁻⁵	-4.452·10 ⁻⁵	1.174·10 ⁻⁵	5.852·10 ⁻⁵	2.764·10 ⁻⁵	2.705·10 ⁻⁵	6.531·10 ⁻⁵	9.036·10 ⁻⁶	-3.958·10 ⁻⁶	5.722·10 ⁻⁷
18	7.599·10 ⁻⁶	-7.602·10 ⁻⁶	-2.264·10 ⁻⁵	1.103·10 ⁻⁵	-2.135·10 ⁻⁶	-1.209·10 ⁻⁵	2.225·10 ⁻⁵	1.793·10 ⁻⁵	6·10 ⁻⁶	1.017·10 ⁻⁵

KHs – prognozuojamų normalinių aukščių tikslumo kovariacijų matrica

$$\begin{array}{l}
 x := \begin{pmatrix} 203 \\ 201 \\ 198 \\ 193 \\ 189 \\ 186 \\ 182 \\ 181 \\ 176 \\ 171 \\ 166 \\ 159 \\ 153 \\ 151 \\ 148 \\ 135 \\ 132 \\ 131 \\ 124 \\ 117 \end{pmatrix} \quad y := \begin{pmatrix} 317 \\ 317 \\ 316 \\ 319 \\ 320 \\ 319 \\ 317 \\ 316 \\ 322 \\ 326 \\ 328 \\ 333 \\ 337 \\ 338 \\ 341 \\ 342 \\ 343 \\ 344 \\ 351 \\ 361 \end{pmatrix} \quad A(x,y) := \begin{array}{l}
 \text{for } i \in 0..N-1 \\
 \quad a_{i,0} \leftarrow x_i \\
 \quad a_{i,1} \leftarrow y_i \\
 \quad a_{i,2} \leftarrow (x_i)^2 \\
 \quad a_{i,3} \leftarrow (y_i)^2 \\
 \quad a_{i,4} \leftarrow x_i \cdot y_i \\
 \quad a_{i,5} \leftarrow [(x_i)^2 \cdot y_i] \\
 \quad a_{i,6} \leftarrow [x_i \cdot (y_i)^2] \\
 \text{for } i \in 0..N-1 \\
 \quad \text{for } j \in 0..6 \\
 \quad \quad a_{i,N+j} \leftarrow 0 \\
 \text{for } i \in 0..N-1 \\
 \quad a_{i,7+i} \leftarrow 1 \\
 \text{for } i \in 0..N-1 \\
 \quad \text{for } j \in 0..6 \\
 \quad \quad a_{N+i,j} \leftarrow 0 \\
 \text{for } i \in 0..N-1 \\
 \quad \text{for } j \in 0..6 \\
 \quad \quad a_{N+i,N+j} \leftarrow 0 \\
 \text{for } i \in 0..N-1 \\
 \quad a_{N+i,7+i} \leftarrow 1 \\
 a
 \end{array}
 \end{array}$$

x, y – taškų koordinatės, naudojamos prognozuojamo modelio parametrams nustatyti;

$N := 20$, taškų skaičius, naudojamų skaičiavimuose;

$A(x,y)$ - 7 parametrų prognozės lygčių koeficientų matrica, kuri sudaryta iš prognozavimo taškų koordinatė;

A(x,y) =

	0	1	2	3	4	5	6
0	203	317	$4.121 \cdot 10^4$	$1.005 \cdot 10^5$	$6.435 \cdot 10^4$	$1.306 \cdot 10^7$	$2.04 \cdot 10^7$
1	201	317	$4.04 \cdot 10^4$	$1.005 \cdot 10^5$	$6.372 \cdot 10^4$	$1.281 \cdot 10^7$	$2.02 \cdot 10^7$
2	198	316	$3.92 \cdot 10^4$	$9.986 \cdot 10^4$	$6.257 \cdot 10^4$	$1.239 \cdot 10^7$	$1.977 \cdot 10^7$
3	193	319	$3.725 \cdot 10^4$	$1.018 \cdot 10^5$	$6.157 \cdot 10^4$	$1.188 \cdot 10^7$	$1.964 \cdot 10^7$
4	189	320	$3.572 \cdot 10^4$	$1.024 \cdot 10^5$	$6.048 \cdot 10^4$	$1.143 \cdot 10^7$	$1.935 \cdot 10^7$
5	186	319	$3.46 \cdot 10^4$	$1.018 \cdot 10^5$	$5.933 \cdot 10^4$	$1.104 \cdot 10^7$	$1.893 \cdot 10^7$
6	182	317	$3.312 \cdot 10^4$	$1.005 \cdot 10^5$	$5.769 \cdot 10^4$	$1.05 \cdot 10^7$	$1.829 \cdot 10^7$
7	181	316	$3.276 \cdot 10^4$	$9.986 \cdot 10^4$	$5.72 \cdot 10^4$	$1.035 \cdot 10^7$	$1.807 \cdot 10^7$
8	176	322	$3.098 \cdot 10^4$	$1.037 \cdot 10^5$	$5.667 \cdot 10^4$	$9.974 \cdot 10^6$	$1.825 \cdot 10^7$
9	171	326	$2.924 \cdot 10^4$	$1.063 \cdot 10^5$	$5.575 \cdot 10^4$	$9.533 \cdot 10^6$	$1.817 \cdot 10^7$
10	166	328	$2.756 \cdot 10^4$	$1.076 \cdot 10^5$	$5.445 \cdot 10^4$	$9.038 \cdot 10^6$	$1.786 \cdot 10^7$
11	159	333	$2.528 \cdot 10^4$	$1.109 \cdot 10^5$	$5.295 \cdot 10^4$	$8.419 \cdot 10^6$	$1.763 \cdot 10^7$
12	153	337	$2.341 \cdot 10^4$	$1.136 \cdot 10^5$	$5.156 \cdot 10^4$	$7.889 \cdot 10^6$	$1.738 \cdot 10^7$
13	151	338	$2.28 \cdot 10^4$	$1.142 \cdot 10^5$	$5.104 \cdot 10^4$	$7.707 \cdot 10^6$	$1.725 \cdot 10^7$
14	148	341	$2.19 \cdot 10^4$	$1.163 \cdot 10^5$	$5.047 \cdot 10^4$	$7.469 \cdot 10^6$	$1.721 \cdot 10^7$
15	135	342	$1.822 \cdot 10^4$	$1.17 \cdot 10^5$	$4.617 \cdot 10^4$	$6.233 \cdot 10^6$	$1.579 \cdot 10^7$
16	132	343	$1.742 \cdot 10^4$	$1.176 \cdot 10^5$	$4.528 \cdot 10^4$	$5.976 \cdot 10^6$	$1.553 \cdot 10^7$
17	131	344	$1.716 \cdot 10^4$	$1.183 \cdot 10^5$	$4.506 \cdot 10^4$	$5.903 \cdot 10^6$	$1.55 \cdot 10^7$
18	124	351	$1.538 \cdot 10^4$	$1.232 \cdot 10^5$	$4.352 \cdot 10^4$	$5.397 \cdot 10^6$	$1.528 \cdot 10^7$
19	117	361	$1.369 \cdot 10^4$	$1.303 \cdot 10^5$	$4.224 \cdot 10^4$	$4.942 \cdot 10^6$	$1.525 \cdot 10^7$
20	0	0	0	0	0	0	0

		0	
	0	24.649	
	1	24.598	
	2	24.641	
	3	24.617	
	4	24.665	
	5	24.692	
	6	24.74	
	7	24.733	
	8	24.705	
	9	24.727	
	10	24.727	
	11	24.717	
	12	24.75	
	13	24.748	
	14	24.76	
	15	24.971	
	16	24.949	
	17	24.952	
	18	25.022	
Hen :=	L =	19	25.116
24.649		20	0
24.598		21	0
24.641		22	0
24.617		23	0
24.665		24	0
24.692		25	0
24.74		26	0
24.733		27	0
24.705		28	0
24.727		29	0
24.727		30	0
24.717		31	0
24.750		32	0
24.748		33	0
24.760		34	0
24.971		35	0
24.949		36	0
24.952		37	0
25.022		38	0
25.116		39	0

L :=

for i ∈ 0.. N – 1

a_i ← Hen_i

for i ∈ 0.. N – 1

a_{i+N} ← 0

a

L- laisvųjų narių vektorius;

Hen – prognoziųjų taškų, naudojamų parametrams apskaičiuoti elipsoidinis aukštis;

NA – normalinių lygčių koeficientų matrica;

$$NA := A(x,y)^T \cdot A(x,y)$$

	0	1	2	3	4	5	6
0	$5.573 \cdot 10^5$	$1.082 \cdot 10^6$	$9.641 \cdot 10^7$	$3.557 \cdot 10^8$	$1.819 \cdot 10^8$	$3.132 \cdot 10^{10}$	$5.947 \cdot 10^{10}$
1	$1.082 \cdot 10^6$	$2.186 \cdot 10^6$	$1.819 \cdot 10^8$	$7.245 \cdot 10^8$	$3.557 \cdot 10^8$	$5.947 \cdot 10^{10}$	$1.171 \cdot 10^{11}$
2	$9.641 \cdot 10^7$	$1.819 \cdot 10^8$	$1.701 \cdot 10^{10}$	$5.947 \cdot 10^{10}$	$3.132 \cdot 10^{10}$	$5.504 \cdot 10^{12}$	$1.019 \cdot 10^{13}$
3	$3.557 \cdot 10^8$	$7.245 \cdot 10^8$	$5.947 \cdot 10^{10}$	$2.405 \cdot 10^{11}$	$1.171 \cdot 10^{11}$	$1.947 \cdot 10^{13}$	$3.863 \cdot 10^{13}$
4	$1.819 \cdot 10^8$	$3.557 \cdot 10^8$	$3.132 \cdot 10^{10}$	$1.171 \cdot 10^{11}$	$5.947 \cdot 10^{10}$	$1.019 \cdot 10^{13}$	$1.947 \cdot 10^{13}$
5	$3.132 \cdot 10^{10}$	$5.947 \cdot 10^{10}$	$5.504 \cdot 10^{12}$	$1.947 \cdot 10^{13}$	$1.019 \cdot 10^{13}$	$1.783 \cdot 10^{15}$	$3.317 \cdot 10^{15}$
6	$5.947 \cdot 10^{10}$	$1.171 \cdot 10^{11}$	$1.019 \cdot 10^{13}$	$3.863 \cdot 10^{13}$	$1.947 \cdot 10^{13}$	$3.317 \cdot 10^{15}$	$6.38 \cdot 10^{15}$
7	203	317	$4.121 \cdot 10^4$	$1.005 \cdot 10^5$	$6.435 \cdot 10^4$	$1.306 \cdot 10^7$	$2.04 \cdot 10^7$
8	201	317	$4.04 \cdot 10^4$	$1.005 \cdot 10^5$	$6.372 \cdot 10^4$	$1.281 \cdot 10^7$	$2.02 \cdot 10^7$
9	198	316	$3.92 \cdot 10^4$	$9.986 \cdot 10^4$	$6.257 \cdot 10^4$	$1.239 \cdot 10^7$	$1.977 \cdot 10^7$
10	193	319	$3.725 \cdot 10^4$	$1.018 \cdot 10^5$	$6.157 \cdot 10^4$	$1.188 \cdot 10^7$	$1.964 \cdot 10^7$
11	189	320	$3.572 \cdot 10^4$	$1.024 \cdot 10^5$	$6.048 \cdot 10^4$	$1.143 \cdot 10^7$	$1.935 \cdot 10^7$
12	186	319	$3.46 \cdot 10^4$	$1.018 \cdot 10^5$	$5.933 \cdot 10^4$	$1.104 \cdot 10^7$	$1.893 \cdot 10^7$
13	182	317	$3.312 \cdot 10^4$	$1.005 \cdot 10^5$	$5.769 \cdot 10^4$	$1.05 \cdot 10^7$	$1.829 \cdot 10^7$
14	181	316	$3.276 \cdot 10^4$	$9.986 \cdot 10^4$	$5.72 \cdot 10^4$	$1.035 \cdot 10^7$	$1.807 \cdot 10^7$
15	176	322	$3.098 \cdot 10^4$	$1.037 \cdot 10^5$	$5.667 \cdot 10^4$	$9.974 \cdot 10^6$	$1.825 \cdot 10^7$
16	171	326	$2.924 \cdot 10^4$	$1.063 \cdot 10^5$	$5.575 \cdot 10^4$	$9.533 \cdot 10^6$	$1.817 \cdot 10^7$
17	166	328	$2.756 \cdot 10^4$	$1.076 \cdot 10^5$	$5.445 \cdot 10^4$	$9.038 \cdot 10^6$	$1.786 \cdot 10^7$
18	159	333	$2.528 \cdot 10^4$	$1.109 \cdot 10^5$	$5.295 \cdot 10^4$	$8.419 \cdot 10^6$	$1.763 \cdot 10^7$
19	153	337	$2.341 \cdot 10^4$	$1.136 \cdot 10^5$	$5.156 \cdot 10^4$	$7.889 \cdot 10^6$	$1.738 \cdot 10^7$
20	151	338	$2.28 \cdot 10^4$	$1.142 \cdot 10^5$	$5.104 \cdot 10^4$	$7.707 \cdot 10^6$	$1.725 \cdot 10^7$
21	148	341	$2.19 \cdot 10^4$	$1.163 \cdot 10^5$	$5.047 \cdot 10^4$	$7.469 \cdot 10^6$	$1.721 \cdot 10^7$
22	135	342	$1.822 \cdot 10^4$	$1.17 \cdot 10^5$	$4.617 \cdot 10^4$	$6.233 \cdot 10^6$	$1.579 \cdot 10^7$
23	132	343	$1.742 \cdot 10^4$	$1.176 \cdot 10^5$	$4.528 \cdot 10^4$	$5.976 \cdot 10^6$	$1.553 \cdot 10^7$
24	131	344	$1.716 \cdot 10^4$	$1.183 \cdot 10^5$	$4.506 \cdot 10^4$	$5.903 \cdot 10^6$	$1.55 \cdot 10^7$

$$W := A(x, y)^T \cdot L$$

w- laisvųjų narių vektorius;

τ - parametrų vektorius;

$$\tau := -NA^{-1} \cdot W$$

$$N := 20$$

X, Y – taškų koordinatės, naudojamos normaliams prognoziniam aukščiui nustatyti;

$N := 20$, taškų skaičius, naudojamų skaičiavimuose;

$A(X,Y)$ - prognozės lygčių koeficientų maržtrica, kuri sudaryta iš prognozavimo taškų koordinatijų;

$W =$		0	$\tau =$		0	$X :=$	$A(X,Y) :=$	$Y :=$
	0	$8.159 \cdot 10^4$		0	-0.434			
	1	$1.637 \cdot 10^5$		1	-0.125			
	2	$1.378 \cdot 10^7$		2	$1.016 \cdot 10^{-3}$			
	3	$5.418 \cdot 10^7$		3	$1.07 \cdot 10^{-4}$			
	4	$2.679 \cdot 10^7$		4	$1.973 \cdot 10^{-3}$			
	5	$4.501 \cdot 10^9$		5	$-3.47 \cdot 10^{-6}$			
	6	$8.809 \cdot 10^9$		6	$-1.53 \cdot 10^{-6}$			
	7	24.649		7	-0.016			
	8	24.598		8	0.013			
	9	24.641		9	$1.989 \cdot 10^{-4}$			
	10	24.617		10	0.014			
	11	24.665		11	$-3.944 \cdot 10^{-3}$			
	12	24.692		12	$-5.337 \cdot 10^{-3}$			
	13	24.74		13	$-6.78 \cdot 10^{-3}$			
	14	24.733		14	$5.806 \cdot 10^{-3}$			
	15	24.705		15	$5.145 \cdot 10^{-3}$			
	16	24.727		16	$-9.17 \cdot 10^{-3}$			
	17	24.727		17	$-9.7 \cdot 10^{-4}$			
	18	24.717		18	$6.85 \cdot 10^{-3}$			
	19	24.75		19	$-1.862 \cdot 10^{-3}$			
	20	24.748		20	$4.408 \cdot 10^{-3}$			
	21	24.76		21	$-1.237 \cdot 10^{-4}$			
	22	24.971		22	-0.023			
	23	24.949		23	$6.799 \cdot 10^{-3}$			
	24	24.952		24	$8.743 \cdot 10^{-3}$			
	25	25.022		25	$6.073 \cdot 10^{-3}$			
							for $i \in 0..N-1$	
							$a_{i,0} \leftarrow X_i$	
							$a_{i,1} \leftarrow Y_i$	
							$a_{i,2} \leftarrow (X_i)^2$	
							$a_{i,3} \leftarrow (Y_i)^2$	
							$a_{i,4} \leftarrow X_i \cdot Y_i$	
							$a_{i,5} \leftarrow [(X_i)^2 \cdot Y_i]$	
							$a_{i,6} \leftarrow [X_i \cdot (Y_i)^2]$	
							for $i \in 0..N-1$	
							for $j \in 0..6$	
							$a_{i,N+j} \leftarrow 0$	
							for $i \in 0..N-1$	
							$a_{i,7+i} \leftarrow 1$	
							for $i \in 0..N-1$	
							for $j \in 0..6$	
							$a_{N+i,j} \leftarrow 0$	
							for $i \in 0..N-1$	
							for $j \in 0..6$	
							$a_{N+i,N+j} \leftarrow 0$	
							for $i \in 0..N-1$	
							$a_{N+i,7+i} \leftarrow 1$	
							a	

$$\tau := -NA^{-1} \cdot W$$

$$N := 20$$

A(X, Y) =

	0	1	2	3	4	5	6
0	203	317	$4.121 \cdot 10^4$	$1.005 \cdot 10^5$	$6.435 \cdot 10^4$	$1.306 \cdot 10^7$	$2.04 \cdot 10^7$
1	202	317	$4.08 \cdot 10^4$	$1.005 \cdot 10^5$	$6.403 \cdot 10^4$	$1.293 \cdot 10^7$	$2.03 \cdot 10^7$
2	200	316	$4 \cdot 10^4$	$9.986 \cdot 10^4$	$6.32 \cdot 10^4$	$1.264 \cdot 10^7$	$1.997 \cdot 10^7$
3	196	317	$3.842 \cdot 10^4$	$1.005 \cdot 10^5$	$6.213 \cdot 10^4$	$1.218 \cdot 10^7$	$1.97 \cdot 10^7$
4	192	319	$3.686 \cdot 10^4$	$1.018 \cdot 10^5$	$6.125 \cdot 10^4$	$1.176 \cdot 10^7$	$1.954 \cdot 10^7$
5	187	320	$3.497 \cdot 10^4$	$1.024 \cdot 10^5$	$5.984 \cdot 10^4$	$1.119 \cdot 10^7$	$1.915 \cdot 10^7$
6	187	320	$3.497 \cdot 10^4$	$1.024 \cdot 10^5$	$5.984 \cdot 10^4$	$1.119 \cdot 10^7$	$1.915 \cdot 10^7$
7	162	330	$2.624 \cdot 10^4$	$1.089 \cdot 10^5$	$5.346 \cdot 10^4$	$8.661 \cdot 10^6$	$1.764 \cdot 10^7$
8	157	335	$2.465 \cdot 10^4$	$1.122 \cdot 10^5$	$5.26 \cdot 10^4$	$8.257 \cdot 10^6$	$1.762 \cdot 10^7$
9	155	336	$2.402 \cdot 10^4$	$1.129 \cdot 10^5$	$5.208 \cdot 10^4$	$8.072 \cdot 10^6$	$1.75 \cdot 10^7$
10	149	341	$2.22 \cdot 10^4$	$1.163 \cdot 10^5$	$5.081 \cdot 10^4$	$7.571 \cdot 10^6$	$1.733 \cdot 10^7$
11	146	340	$2.132 \cdot 10^4$	$1.156 \cdot 10^5$	$4.964 \cdot 10^4$	$7.247 \cdot 10^6$	$1.688 \cdot 10^7$
12	145	340	$2.103 \cdot 10^4$	$1.156 \cdot 10^5$	$4.93 \cdot 10^4$	$7.149 \cdot 10^6$	$1.676 \cdot 10^7$
13	135	342	$1.822 \cdot 10^4$	$1.17 \cdot 10^5$	$4.617 \cdot 10^4$	$6.233 \cdot 10^6$	$1.579 \cdot 10^7$
14	127	348	$1.613 \cdot 10^4$	$1.211 \cdot 10^5$	$4.42 \cdot 10^4$	$5.613 \cdot 10^6$	$1.538 \cdot 10^7$
15	125	350	$1.563 \cdot 10^4$	$1.225 \cdot 10^5$	$4.375 \cdot 10^4$	$5.469 \cdot 10^6$	$1.531 \cdot 10^7$
16	123	353	$1.513 \cdot 10^4$	$1.246 \cdot 10^5$	$4.342 \cdot 10^4$	$5.341 \cdot 10^6$	$1.533 \cdot 10^7$
17	122	355	$1.488 \cdot 10^4$	$1.26 \cdot 10^5$	$4.331 \cdot 10^4$	$5.284 \cdot 10^6$	$1.538 \cdot 10^7$
18	121	356	$1.464 \cdot 10^4$	$1.267 \cdot 10^5$	$4.308 \cdot 10^4$	$5.212 \cdot 10^6$	$1.534 \cdot 10^7$
19	115	363	$1.323 \cdot 10^4$	$1.318 \cdot 10^5$	$4.175 \cdot 10^4$	$4.801 \cdot 10^6$	$1.515 \cdot 10^7$
20	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0

T := -A(X, Y) · τ

[illegible] $\text{He} :=$

```

T1 :=   for i ∈ 0.. N - 1
        for j ∈ 0
            ai,j ← Ti,j
        a

```

$$T1 =$$
$$\text{Hn1} :=$$

He – taškų, naudojamų skaičiavimuose elipsodinis aukštis;

H_n – taškų, naudojamų skaičiavimuose prognozinis normalinis aukštis;

$H\Delta$ - taškų normalinio ir prognozinio normalinio aukščių skirtumai;

$$H_n := H_e - T_1$$

$$H_n =$$

	0	1
0	9.077	
1	9.769	
2	13.768	
3	10.782	
4	14.439	
5	30.947	
6	30.3	
7	12.135	
8	5.166	
9	5.232	
10	16.538	
11	6.511	
12	8.974	
13	18.64	
14	10.441	
15	9.752	
16	10.251	
17	15.826	
18	12.414	
19	13.332	

$$H\Delta =$$

	0
0	0.035
1	0.023
2	-0.022
3	$-4.59 \cdot 10^{-3}$
4	$4.953 \cdot 10^{-3}$
5	$2.639 \cdot 10^{-3}$
6	$8.082 \cdot 10^{-3}$
7	$-4.39 \cdot 10^{-3}$
8	-0.01
9	$-2.089 \cdot 10^{-3}$
10	-0.024
11	$-8.193 \cdot 10^{-4}$
12	$-9.128 \cdot 10^{-4}$
13	0.013
14	-0.022
15	0.024
16	0.014
17	-0.038
18	$-3.111 \cdot 10^{-3}$
19	-0.017

$$V =$$

	0
0	0.016
1	-0.013
2	$-2.035 \cdot 10^{-4}$
3	-0.014
4	$3.939 \cdot 10^{-3}$
5	$5.332 \cdot 10^{-3}$
6	$6.775 \cdot 10^{-3}$
7	$-5.81 \cdot 10^{-3}$
8	$-5.15 \cdot 10^{-3}$
9	$9.166 \cdot 10^{-3}$
10	$9.66 \cdot 10^{-4}$
11	$-6.854 \cdot 10^{-3}$
12	$1.858 \cdot 10^{-3}$
13	$-4.412 \cdot 10^{-3}$
14	$1.201 \cdot 10^{-4}$
15	0.023

$$H\Delta := H_{n1} - H_n$$

$V := A(x, y) \cdot \tau + L$ pataisų lygčių sistema;

m_{Hs} – prognozzinių normalinių aukščių tikslumas;

$$m_{Hs} := \sqrt{\frac{1}{N-1} \cdot \sum H\Delta^2}$$

$$m_{Hs} = 0.018$$

$$m_0 := \frac{1}{N-5} \cdot V^T \cdot V$$

m_0 – standartinis nuokrypis;

$$m_0 = (2.202 \times 10^{-4})$$

	0	1	2	3	4	5
0	$1.916 \cdot 10^3$	177.284	-2.982	-0.4	-11.539	0.011
1	177.284	18.043	-0.254	-0.042	-1.088	$9.295 \cdot 10^{-4}$
2	-2.982	-0.254	$5.031 \cdot 10^{-3}$	$5.488 \cdot 10^{-4}$	0.018	$-1.806 \cdot 10^{-5}$
3	-0.4	-0.042	$5.488 \cdot 10^{-4}$	$9.933 \cdot 10^{-5}$	$2.474 \cdot 10^{-3}$	$-2.021 \cdot 10^{-6}$
4	-11.539	-1.088	0.018	$2.474 \cdot 10^{-3}$	0.07	$-6.397 \cdot 10^{-5}$
5	0.011	$9.295 \cdot 10^{-4}$	$-1.806 \cdot 10^{-5}$	$-2.021 \cdot 10^{-6}$	$-6.397 \cdot 10^{-5}$	$6.49 \cdot 10^{-8}$
6	0.016	$1.513 \cdot 10^{-3}$	$-2.332 \cdot 10^{-5}$	$-3.476 \cdot 10^{-6}$	$-9.517 \cdot 10^{-5}$	$8.484 \cdot 10^{-8}$
7	-12.422	-1.303	0.019	$2.983 \cdot 10^{-3}$	0.076	$-6.912 \cdot 10^{-5}$
8	-2.915	-0.407	$3.529 \cdot 10^{-3}$	$9.803 \cdot 10^{-4}$	0.019	$-1.404 \cdot 10^{-5}$
9	20.593	1.646	-0.037	$-3.459 \cdot 10^{-3}$	-0.12	$1.303 \cdot 10^{-4}$
10	-2.463	-0.083	$6.562 \cdot 10^{-3}$	$2.755 \cdot 10^{-5}$	0.013	$-2.288 \cdot 10^{-5}$
11	-1.37	0.104	$5.953 \cdot 10^{-3}$	$-4.595 \cdot 10^{-4}$	$5.064 \cdot 10^{-3}$	$-2 \cdot 10^{-5}$
12	9.922	1.05	-0.014	$-2.457 \cdot 10^{-3}$	-0.061	$5.199 \cdot 10^{-5}$
13	-0.284	-0.076	$-2.169 \cdot 10^{-3}$	$2.98 \cdot 10^{-4}$	$2.922 \cdot 10^{-3}$	$7.656 \cdot 10^{-6}$
14	-12.931	-1.337	0.016	$3.243 \cdot 10^{-3}$	0.08	$-5.759 \cdot 10^{-5}$
15	2.01	0.451	$6.117 \cdot 10^{-4}$	$-1.242 \cdot 10^{-3}$	-0.016	$-2.229 \cdot 10^{-7}$

$$Q11 := \text{submatrix}(NA^{-1}, 0, 6, 0, 6)$$

$$Q22 := \text{submatrix}(NA^{-1}, 7, 26, 7, 26)$$

$$Q21 := \text{submatrix}(NA^{-1}, 7, 26, 0, 6)$$

$$Q12 := \text{submatrix}(NA^{-1}, 7, 26, 0, 6)$$

$$m0 = (2.202 \times 10^{-4})$$

$$K\tau n := 2.573 \times 10^{-4} \cdot Q22$$

$$KTx := 2.573 \times 10^{-4} \cdot Q11$$

$$a(x, y) := \left| \begin{array}{l} \text{for } i \in 0..N-1 \\ \quad a_{i,0} \leftarrow x_i \\ \quad a_{i,1} \leftarrow y_i \\ \quad a_{i,2} \leftarrow (x_i)^2 \\ \quad a_{i,3} \leftarrow (y_i)^2 \\ \quad a_{i,4} \leftarrow x_i \cdot y_i \\ \quad a_{i,5} \leftarrow [(x_i)^2 \cdot y_i] \\ \quad a_{i,6} \leftarrow [x_i \cdot (y_i)^2] \end{array} \right|_a$$

$$a(X, Y) := \left| \begin{array}{l} \text{for } i \in 0..N-1 \\ \quad a_{i,0} \leftarrow X_i \\ \quad a_{i,1} \leftarrow Y_i \\ \quad a_{i,2} \leftarrow (X_i)^2 \\ \quad a_{i,3} \leftarrow (Y_i)^2 \\ \quad a_{i,4} \leftarrow X_i \cdot Y_i \\ \quad a_{i,5} \leftarrow [(X_i)^2 \cdot Y_i] \\ \quad a_{i,6} \leftarrow [X_i \cdot (Y_i)^2] \end{array} \right|_a$$

$$b := a(x, y) \cdot Q11$$

$$m0 = (2.202 \times 10^{-4})$$

$$g := b + Q21$$

$$Khetx := 2.573 \times 10^{-4} \cdot g$$

	0	1	2	3	4	5
0	$3.196 \cdot 10^{-3}$	$3.353 \cdot 10^{-4}$	$-4.811 \cdot 10^{-6}$	$-7.675 \cdot 10^{-7}$	$-1.964 \cdot 10^{-5}$	$1.778 \cdot 10^{-8}$
1	$7.501 \cdot 10^{-4}$	$1.048 \cdot 10^{-4}$	$-9.081 \cdot 10^{-7}$	$-2.522 \cdot 10^{-7}$	$-4.909 \cdot 10^{-6}$	$3.612 \cdot 10^{-9}$
2	$-5.299 \cdot 10^{-3}$	$-4.234 \cdot 10^{-4}$	$9.401 \cdot 10^{-6}$	$8.899 \cdot 10^{-7}$	$3.094 \cdot 10^{-5}$	$-3.352 \cdot 10^{-8}$
3	$6.336 \cdot 10^{-4}$	$2.139 \cdot 10^{-5}$	$-1.688 \cdot 10^{-6}$	$-7.089 \cdot 10^{-9}$	$-3.277 \cdot 10^{-6}$	$5.887 \cdot 10^{-9}$
4	$3.526 \cdot 10^{-4}$	$-2.683 \cdot 10^{-5}$	$-1.532 \cdot 10^{-6}$	$1.182 \cdot 10^{-7}$	$-1.303 \cdot 10^{-6}$	$5.146 \cdot 10^{-9}$
5	$-2.553 \cdot 10^{-3}$	$-2.701 \cdot 10^{-4}$	$3.628 \cdot 10^{-6}$	$6.321 \cdot 10^{-7}$	$1.577 \cdot 10^{-5}$	$-1.338 \cdot 10^{-8}$
6	$7.315 \cdot 10^{-5}$	$1.958 \cdot 10^{-5}$	$5.58 \cdot 10^{-7}$	$-7.666 \cdot 10^{-8}$	$-7.519 \cdot 10^{-7}$	$-1.97 \cdot 10^{-9}$
7	$3.327 \cdot 10^{-3}$	$3.441 \cdot 10^{-4}$	$-4.038 \cdot 10^{-6}$	$-8.344 \cdot 10^{-7}$	$-2.069 \cdot 10^{-5}$	$1.482 \cdot 10^{-8}$
8	$-5.173 \cdot 10^{-4}$	$-1.161 \cdot 10^{-4}$	$-1.574 \cdot 10^{-7}$	$3.197 \cdot 10^{-7}$	$4.028 \cdot 10^{-6}$	$5.736 \cdot 10^{-11}$
9	$1.42 \cdot 10^{-4}$	$-7.011 \cdot 10^{-5}$	$-1.548 \cdot 10^{-6}$	$2.335 \cdot 10^{-7}$	$2.938 \cdot 10^{-7}$	$4.984 \cdot 10^{-9}$
10	$-1.775 \cdot 10^{-4}$	$-8.392 \cdot 10^{-5}$	$-8.33 \cdot 10^{-7}$	$2.508 \cdot 10^{-7}$	$2.016 \cdot 10^{-6}$	$2.495 \cdot 10^{-9}$
11	$-6.723 \cdot 10^{-6}$	$-2.238 \cdot 10^{-5}$	$-3.347 \cdot 10^{-7}$	$6.433 \cdot 10^{-8}$	$3.249 \cdot 10^{-7}$	$1.002 \cdot 10^{-9}$
12	$-2.976 \cdot 10^{-5}$	$2.857 \cdot 10^{-5}$	$6.488 \cdot 10^{-7}$	$-1.072 \cdot 10^{-7}$	$-3.193 \cdot 10^{-7}$	$-2.192 \cdot 10^{-9}$
13	$-4.591 \cdot 10^{-4}$	$2.73 \cdot 10^{-6}$	$1.553 \cdot 10^{-6}$	$-6.263 \cdot 10^{-8}$	$2.069 \cdot 10^{-6}$	$-5.366 \cdot 10^{-9}$
14	$1 \cdot 10^{-3}$	$1.785 \cdot 10^{-4}$	$1.133 \cdot 10^{-7}$	$-5.081 \cdot 10^{-7}$	$-7.367 \cdot 10^{-6}$	$1.253 \cdot 10^{-10}$
15	$-6.209 \cdot 10^{-4}$	$-1.215 \cdot 10^{-5}$	$1.163 \cdot 10^{-6}$	$1.251 \cdot 10^{-8}$	$3.354 \cdot 10^{-6}$	$-3.898 \cdot 10^{-9}$

E := identity (20)

m01 := 0.01^2

KHe := m01 · E

K1 := Khetx · a(X, Y)^T

K2 := a(X, Y) · Khetx^T

K3 := a(X, Y) · (KTx) · a(X, Y)^T

KHs := KHe – K1 – K2 + K3

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	$10 \cdot 10^{-5}$	$2.247 \cdot 10^{-5}$	$2.754 \cdot 10^{-5}$	$-4.708 \cdot 10^{-5}$	$3.408 \cdot 10^{-6}$	$3.287 \cdot 10^{-5}$	$2.644 \cdot 10^{-5}$	$-3.558 \cdot 10^{-5}$	$2.794 \cdot 10^{-5}$	$9.911 \cdot 10^{-6}$
1	$2.247 \cdot 10^{-5}$	$1.31 \cdot 10^{-4}$	$2.772 \cdot 10^{-6}$	$-3.923 \cdot 10^{-5}$	$7.12 \cdot 10^{-6}$	$1.833 \cdot 10^{-5}$	$2.069 \cdot 10^{-5}$	$-2.636 \cdot 10^{-5}$	$2.25 \cdot 10^{-5}$	$9.992 \cdot 10^{-6}$
2	$2.754 \cdot 10^{-5}$	$2.772 \cdot 10^{-6}$	$7.408 \cdot 10^{-5}$	$8.863 \cdot 10^{-5}$	$2.62 \cdot 10^{-5}$	$-4.047 \cdot 10^{-5}$	$-7.979 \cdot 10^{-6}$	$1.659 \cdot 10^{-6}$	$-1.016 \cdot 10^{-5}$	$2.392 \cdot 10^{-5}$
3	$-4.708 \cdot 10^{-5}$	$-3.923 \cdot 10^{-5}$	$8.863 \cdot 10^{-5}$	$2.408 \cdot 10^{-4}$	$3.599 \cdot 10^{-6}$	$-3.187 \cdot 10^{-5}$	$2.531 \cdot 10^{-7}$	$-3.448 \cdot 10^{-7}$	$-4.619 \cdot 10^{-5}$	$-9.284 \cdot 10^{-6}$
4	$3.408 \cdot 10^{-6}$	$7.12 \cdot 10^{-6}$	$2.62 \cdot 10^{-5}$	$3.599 \cdot 10^{-6}$	$9.728 \cdot 10^{-5}$	$5.092 \cdot 10^{-6}$	$2.93 \cdot 10^{-5}$	$1.808 \cdot 10^{-5}$	$-2.325 \cdot 10^{-5}$	$-2.893 \cdot 10^{-5}$
5	$3.287 \cdot 10^{-5}$	$1.833 \cdot 10^{-5}$	$-4.047 \cdot 10^{-5}$	$-3.187 \cdot 10^{-5}$	$5.092 \cdot 10^{-6}$	$1.059 \cdot 10^{-4}$	$3.368 \cdot 10^{-5}$	$4.478 \cdot 10^{-5}$	$-1.73 \cdot 10^{-5}$	$-2.89 \cdot 10^{-5}$
6	$2.644 \cdot 10^{-5}$	$2.069 \cdot 10^{-5}$	$-7.979 \cdot 10^{-6}$	$2.531 \cdot 10^{-7}$	$2.93 \cdot 10^{-5}$	$3.368 \cdot 10^{-5}$	$1.614 \cdot 10^{-4}$	$6.691 \cdot 10^{-5}$	$-1.191 \cdot 10^{-5}$	$-2.434 \cdot 10^{-5}$
7	$-3.558 \cdot 10^{-5}$	$-2.636 \cdot 10^{-5}$	$1.659 \cdot 10^{-6}$	$-3.448 \cdot 10^{-7}$	$1.808 \cdot 10^{-5}$	$4.478 \cdot 10^{-5}$	$6.691 \cdot 10^{-5}$	$2.205 \cdot 10^{-4}$	$2.882 \cdot 10^{-5}$	$1.074 \cdot 10^{-5}$
8	$2.794 \cdot 10^{-5}$	$2.25 \cdot 10^{-5}$	$-1.016 \cdot 10^{-5}$	$-4.619 \cdot 10^{-5}$	$-2.325 \cdot 10^{-5}$	$-1.73 \cdot 10^{-5}$	$-1.191 \cdot 10^{-5}$	$2.882 \cdot 10^{-5}$	$1.869 \cdot 10^{-4}$	$7.142 \cdot 10^{-5}$
9	$9.911 \cdot 10^{-6}$	$9.992 \cdot 10^{-6}$	$2.392 \cdot 10^{-5}$	$-9.284 \cdot 10^{-6}$	$-2.893 \cdot 10^{-5}$	$-2.89 \cdot 10^{-5}$	$-2.434 \cdot 10^{-5}$	$1.074 \cdot 10^{-5}$	$7.142 \cdot 10^{-5}$	$1.658 \cdot 10^{-4}$
10	$4.832 \cdot 10^{-5}$	$4.577 \cdot 10^{-5}$	$2.352 \cdot 10^{-5}$	$-2.778 \cdot 10^{-5}$	$-3.636 \cdot 10^{-5}$	$-5.208 \cdot 10^{-5}$	$-8.605 \cdot 10^{-5}$	$-8.13 \cdot 10^{-5}$	$1.404 \cdot 10^{-4}$	$1.407 \cdot 10^{-4}$
11	$-1.901 \cdot 10^{-5}$	$-1.844 \cdot 10^{-5}$	$5.454 \cdot 10^{-5}$	$8.349 \cdot 10^{-5}$	$-1.468 \cdot 10^{-5}$	$-4.48 \cdot 10^{-5}$	$-3.652 \cdot 10^{-5}$	$2.343 \cdot 10^{-6}$	$4.048 \cdot 10^{-5}$	$6.118 \cdot 10^{-5}$
12	$-2.911 \cdot 10^{-5}$	$-2.886 \cdot 10^{-5}$	$3.911 \cdot 10^{-5}$	$8.792 \cdot 10^{-5}$	$-7.507 \cdot 10^{-7}$	$-2.796 \cdot 10^{-5}$	$-1.594 \cdot 10^{-5}$	$2.404 \cdot 10^{-5}$	$1.998 \cdot 10^{-5}$	$3.849 \cdot 10^{-5}$
13	$2.902 \cdot 10^{-6}$	$-2.357 \cdot 10^{-7}$	$-4.147 \cdot 10^{-6}$	$1.175 \cdot 10^{-5}$	$-1.183 \cdot 10^{-6}$	$-1.166 \cdot 10^{-5}$	$-1.559 \cdot 10^{-5}$	$4.153 \cdot 10^{-7}$	$-4.211 \cdot 10^{-5}$	$-3.724 \cdot 10^{-5}$
14	$-2.338 \cdot 10^{-5}$	$-1.919 \cdot 10^{-5}$	$1.374 \cdot 10^{-5}$	$4.357 \cdot 10^{-5}$	$1.495 \cdot 10^{-5}$	$9.26 \cdot 10^{-6}$	$1.915 \cdot 10^{-5}$	$2.313 \cdot 10^{-5}$	$-7.765 \cdot 10^{-5}$	$-7.192 \cdot 10^{-5}$
15	$-7.962 \cdot 10^{-6}$	$-9.23 \cdot 10^{-6}$	$1.362 \cdot 10^{-5}$	$4.47 \cdot 10^{-5}$	$1.117 \cdot 10^{-5}$	$-4.333 \cdot 10^{-6}$	$1.185 \cdot 10^{-5}$	$2.026 \cdot 10^{-5}$	$-2.589 \cdot 10^{-5}$	$-1.52 \cdot 10^{-5}$
16	$-4.015 \cdot 10^{-5}$	$-3.229 \cdot 10^{-5}$	$5.344 \cdot 10^{-5}$	$8.998 \cdot 10^{-5}$	$1.121 \cdot 10^{-5}$	$-6.198 \cdot 10^{-6}$	$1.407 \cdot 10^{-5}$	$1.592 \cdot 10^{-5}$	$-1.37 \cdot 10^{-5}$	$6.586 \cdot 10^{-6}$
17	$-3.296 \cdot 10^{-5}$	$-2.826 \cdot 10^{-5}$	$4.157 \cdot 10^{-5}$	$8.122 \cdot 10^{-5}$	$1.002 \cdot 10^{-5}$	$-1.04 \cdot 10^{-5}$	$4.131 \cdot 10^{-6}$	$-3.079 \cdot 10^{-6}$	$3.519 \cdot 10^{-6}$	$2.419 \cdot 10^{-5}$
18	$-5.291 \cdot 10^{-6}$	$-1.199 \cdot 10^{-5}$	$-2.945 \cdot 10^{-6}$	$3.782 \cdot 10^{-5}$	$5.39 \cdot 10^{-6}$	$-1.492 \cdot 10^{-5}$	$-6.328 \cdot 10^{-7}$	$7.484 \cdot 10^{-7}$	$9.881 \cdot 10^{-6}$	$2.369 \cdot 10^{-5}$

KHs – prognozuojamų normalinių aukščių tikslumo kovariacijų matrica