



VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

APLINKOS INŽINERIJOS FAKULTETAS

GEODEZIJOS IR KADASTRO KATEDRA

Greta Sriubė

**MELIORACIJOS PROJEKTŲ SUSIEJIMAS SU LKS-94**

**KOORDINAČIŲ SISTEMA**

**MELIORATION PROJECTS LINKING TO LKS-94 COORDINATE**

**SYSTEM**

Baigiamasis magistro darbas

Geodezija ir kartografija studijų programa, valstybinis kodas 62410T102

Kadastro informacinių sistemų specializacija

Matavimų inžinerijos mokslo kryptis

Vadovas: prof. habil. dr. Algimantas Zakarevičius

VILNIUS, 2011

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS  
APLINKOS INŽINERIJOS FAKULTETAS  
GEODEZIJOS IR KADASTRO KATEDRA

TVIRTINU

*Katedros vedėjas*

\_\_\_\_\_  
(Parašas)

Doc. dr. V. Č. Aksamitauskas

(Vardas, pavardė)

\_\_\_\_\_  
(Data)

Greta Sriubė

**MELIORACIJOS PROJEKTŲ SUSIEJIMAS SU LKS-94  
KOORDINAČIŲ SISTEMA  
MELIORATION PROJECTS LINKING TO LKS-94 COORDINATE  
SYSTEM**

Baigiamasis magistro darbas

Geodezija ir kartografija studijų programa, valstybinis kodas 62410T102

Kadastro informacinių sistemų specializacija

Matavimų inžinerijos mokslo kryptis

**Vadovas:** prof. habil. dr. Algimantas Zakarevičius

(Moksl. laipsnis, vardas, pavardė)

(Parašas)

(Data)

**Konsultantas**

\_\_\_\_\_  
(Moksl. laipsnis, vardas, pavardė)

(Parašas)

(Data)

**Konsultantas**

\_\_\_\_\_  
(Moksl. laipsnis, vardas, pavardė)

(Parašas)

(Data)

VILNIUS, 2011

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS APLINKOS  
INŽINERIJOS FAKULTETAS GEODEZIJOS IR KADASTRO  
KATEDRA

...Technologijos..... mokslo sritis

.Matavimų inžinerijos .... mokslo kryptis

.Matavimų inžinerijos .... studijų kryptis

Geodezijos ir kartografijos studijų programa, valstybinis kodas 62110T102 Kadastro informacinės sistemos specializacija

**BAIGIAMOJO MAGISTRO DARBO UŽDUOTIS**

.....Nr .....

Vilnius

TVIRTINU Katedros vedėjas

(Parašas)

doc. dr Vladislovas Česlovas Aksamitauskas

(Vardas, pavardė) (Data)

Studentui (ei) ... *Gretai Sriubei*.....

(Vardas, pavardė)

Baigiamojo darbo tema: *Melioracijos projektų susiejimas su LKS-94 koordinacinių sistema*

patvirtinta 2009m. gruodžio 31d. dekanų potvarkiu Nr. 374 ap

Baigiamojo darbo užbaigimo terminas 2011m. birželio 1 d.

**BAIGIAMOJO DARBO UŽDUOTIS:**

*Išnagrinėti šiuo metu gamyboje taikomą melioracijos projektų susiejimo su LKS 94 koordinacinių sistema metodiką. Išnagrinėti koordinacinių perskaičiavimo konforminiu ir baigtinių elementų būdais algoritmus ir perskaičiavimo ypatumus. Sudaryti ryšio lygtis ir transformuoti melioracijos projektą į LKS 94 koordinacinių sistemą baigtinių elementų metodu. Sudaryti ryšio lygtis ir transformuoti melioracijos projektą į LKS 94 koordinacinių sistemą konforminiu metodu. Atlikti eksperimento rezultatų analizę ir parašyti rekomendacijas melioracijos projektų susiejimo su LKS 94 koordinacinių sistema šiuo metu gamyboje taikomai metodikai.*

Baigiamojo darbo rengimo konsultantai: \_\_\_\_\_  
(Moksl. laipsnis, vardas, pavardė)

Vadovas \_\_\_\_\_

(Paraša )

prof.hab.dr. Algimantas Zakarevičius

(Moksl. laipsnis, vardas, pavardė)

Užduotį gavau

\_\_\_\_\_  
(Parašas)

Greta Sriubė

(Vardas, pavardė)

\_\_\_\_\_  
(Data)

Vilniaus Gedimino technikos universiteto  
egzaminų sesijų ir baigiamųjų darbų rengimo bei  
gynimo organizavimo tvarkos aprašo 2010–2011  
m. m.

6 priedas

**(Baigiamojo darbo sąžiningumo deklaracijos forma)**  
**VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS**

Greta Sriubė, paž. Nr. 20056339

(Studento vardas ir pavardė, studento pažymėjimo Nr.)

Aplinkos inžinerijos fakultetas

(Fakultetas)

Geodezija ir kartografija studijų programa, KISmf-09

(Studijų programa, akademinė grupė)

**BAIGIAMOJO DARBO (PROJEKTO)**  
**SĄŽININGUMO DEKLARACIJA**

2011 birželio

m. 1d.

(Data)

Patvirtinu, kad mano baigiamasis darbas (projektas) tema: „Melioracijos projektų susiejimas su LKS-94 koordinacinių sistema“

patvirtintas 2011 m. \_\_\_\_\_ d. dekanas potvarkiu Nr. \_\_\_\_\_ yra savarankiškai parašytas. Šiame darbe (projekte) pateikta medžiaga nėra plagijuota. Tiesiogiai ar netiesiogiai panaudotos kitų šaltinių citatos pažymėtos literatūros nuorodose.

Prenkant ir įvertinant medžiagą bei rengiant baigiamąjį darbą (projektą), mane konsultavo mokslininkai ir specialistai: prof. habil. dr. Algimantas Zakarevičius, R. Žukienė.

Mano darbo (projekto) vadovas: prof. habil. dr. Algimantas Zakarevičius.

Kitų asmenų indėlio į parengtą baigiamąjį darbą (projektą) nėra. Jokių įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs(-usi).

(Parašas)

(Vardas ir pavardė)

Vilniaus Gedimino technikos universitetas	ISBN	ISSN
Aplinkos inžinerijos fakultetas	Egz. sk. 1	
<b>Geodezijos ir kadastro katedra</b>	Data: 20	

**Geodezijos ir kartografijos** studijų programos magistro baigiamasis darbas  
Pavadinimas: **Melioracijos projektų susiejimas su LKS-94 koordinačių sistema**  
Autorius: **Greta Sriubė**

Kalba

lietuvių

anglų

Baigiamajame magistro darbe nagrinėjama melioracijos projektų, sudarytų vietinėse koordinačių sistemose, susiejimo su LKS-94 geodezinių koordinačių sistema šiuo metu taikoma melioracijos projektų susiejimo metodika. Išnagrinėti melioracijos projektų susiejimo su valstybine koordinačių sistema teoriniai pagrindai ir atliktas eksperimentinis tyrimas, įvertinant turimos pradinės medžiagos kokybę. Tyrimo objektas – Utenos rajono Jotaučių kadastro vietovės melioracijos rekonstrukcijos projektas Nr. 4,9. Atliekant eksperimentinius koordinačių perskaičiavimus fragmentiniu ir konforminiu koordinačių perskaičiavimo metodu, nustatyta, kad didelių sisteminių koordinačių perskaičiavimo paklaidų nėra. Daroma išvada, kad tiriamasis objektas įgyvendintas tikslumo ribose. Gauti patikslinti duomenys fragmentiniu koordinačių perskaičiavimo metodu yra efektyvesni už dabar naudojama metodiką.

Darbo apimtis - 61 p. teksto be priedų, 31 iliustracijos, 6 lentelės.

Atskirai pridedami darbo priedai.

Reikšminiai žodžiai: Melioracijos projektai, koordinačių sistema, koordinačių susiejimas.

Vilnius Gediminas Technical University	ISBN	ISSN
Faculty of <b>Enviromental Engineering</b>	Copies No. 1	
Department of <b>Geodesy and Cadastre</b>	Date: 20	

<b>Geodesy and cartography</b> study programme master thesis	
Title: <b>Melioration projects linking to LKS-94 coordinate system</b>	
Author: <b>Greta Sriubė</b>	Academic supervisor: <b>Algimantas Zakarevičius</b>

<b>Thesis language</b>	
<input checked="" type="checkbox"/>	Lithuanian
<input type="checkbox"/>	Foreign (English)

The present master's thesis addresses the association of the local coordinate systems used in archival agricultural melioration projects (AMP) with the LKS-94 geodetic coordinate system. A modern coordinate transformation methodology for AMP is used. A theoretical framework for associating AMP with a unified coordinate system is presented along with experimental results of research on the agricultural melioration project No.4,9 (Jotaučiai, district of Utena). An evaluation of the quality of the available data is presented. We present an improved method for associating AMPs with the LKS-94 coordinate system and demonstrate that a fragmented coordinate re-calculation method results in reduced error rate as compared to the currently used methods and the conformal mapping method. In conclusion, the proposed new method is more efficient and the resulting data are more accurate as compared to the presently used approach. Thesis consist total pages: 61p, illustrations: 31, tables: 6. Additional appendices included.

**Keywords:** melioration projects, coordinate system, georeferencing of skaned images.

TURINYS:

ĮVADAS .....	10
1. TYRIMO OBJEKTAS IR AKTUALUMAS .....	12
1.1. TYRIMŲ OBJEKTAS .....	13
1.2. TYRIMO REIKALINGUMAS IR PROBLEMINIAI KLAUSIMAI .....	13
1.3. LITERATŪROS APŽVALGA.....	15
2. MELIORACIJOS PROJEKTO SUSIEJIMO SU LKS 94 KOORDINAČIŲ SISTEMA ARCGIS PROGRAMINE ĮRANGA METODIKA .....	29
2.1. PARUOŠIAMASIS DARBŲ ETAPAS.....	29
2.2. TAIKOMI PROJEKTO MEDŽIAGOS SUSIEJIMO SU LKS-94 KOORDINAČIŲ SISTEMA BŪDAI .....	32
2.3. NUSKAITYTOS PROJEKTO MEDŽIAGOS SUSIEJIMO SU LKS-94 KOORDINAČIŲ SISTEMA TECHNOLOGIJA.....	33
2.4. PAKLAIDOS .....	38
2.5. APIBENDRINIMAS .....	38
3. SKAITMENINĖS KARTOGRAFINĖS MEDŽIAGOS TRANSFORMAVIMO ALGORITMAI IR YPATUMAI.....	40
3.1. KONFORMINIS KOORDINAČIŲ PERSKAIČIAVIMO METODAS.....	40
3.2. AFININIS KOORDINAČIŲ PERSKAIČIAVIMO METODAS .....	43
3.3. KOORDINAČIŲ PERSKAIČIAVIMAS BAIGTINIŲ ELEMENTŲ (FRAGMENTINIŲ) METODU .....	44
3.3. TRANSFORMAVIMO TECHNOLOGINĖ SCHEMA .....	48
4. EKSPERIMENTINIS TYRIMAS IR JO OBJEKTAS .....	50
4.1. EKSPERIMENTO TIKSLAS, PLANAS IR OBJEKTAS.....	50
4.2. RYŠIO TAŠKŲ KOORDINAČIŲ NUSTATYMAS ORTOFOTOGRAFINIAME ŽEMĖLAPYJE IR MELIORACIJOS PROJEKTE .....	52
4.3. TRIKAMPIŲ TINKLO SUDARYMAS IR TRIKAMPIUOSE ESANČIŲ TAŠKŲ KOORDINAČIŲ NUSTATYMAS.....	55
4.4. EKSPERIMENTINIAI SKAIČIAVIMAI .....	56
4.5. GAUTŲ EKSPERIMENTO DUOMENŲ ANALIZĖ .....	61
IŠVADOS:.....	71
LITERITŪROS SĄRAŠAS: .....	72
PRIEDAI .....	73

## PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS:

<b>1.1 pav.</b> Nusausinta žemė Lietuvoje .....	12
<b>1.1.1 pav.</b> Analoginis projektinis melioracijos planas .....	13
<b>1.3.2 pav.</b> Vektorinis duomenų modelis .....	22
<b>1.3.3 pav.</b> Geometriniai elementai .....	22
<b>1.3.4 pav.</b> Rastrinis duomenų modelis .....	22
<b>1.3.5 pav.</b> Gardelėse kaupiama atributinė informacija.....	23
<b>1.3.6 pav.</b> TIN duomenų modelis.....	23
<b>1.3.7 pav.</b> Duomenų lentelės turinčios bendrus objektų klasių laukus .....	24
<b>2.1.1 pav.</b> Nuskaitytas rastras paruoštas koordinačių suteikimui.....	31
<b>2.1.2 pav.</b> Ortofotografinis žemėlapis ir pagalbinių sluoksnių.....	32
<b>2.3.1 pav.</b> Suformuota darbo aplinka .....	34
<b>2.3.2 pav.</b> Parinkti tvirti taškai nuskaityto rastro susiejimui su koordinačių sistema .....	35
<b>2.3.3 pav.</b> Paklaidų lentelė .....	36
<b>2.3.4 pav.</b> Skenuotas melioracijos projektas susietas su LKS-94 koordinačių sistema .....	37
<b>3.3.1 pav.</b> Trikampių tinklo fragmentas .....	45
<b>4.1.1 pav.</b> Eksperimentiniam tyrimui parinktas melioracijos projektas.....	51
<b>4.1.2 pav.</b> Paruoštas melioracijos projektas susiejimui.....	52
<b>4.2.1 pav.</b> Ryšio taškų išsidėstymas ortofotografiniame žemėlapyje .....	53
<b>4.2.2 pav.</b> Ryšio taškų išsidėstymas melioracijos projekte .....	54
<b>4.5.1 pav.</b> Susietas konformiškai transformuotas objektas .....	63
<b>4.5.2 pav.</b> Susietas baigtinių elementų metodu transformuotas melioracijos projektas.....	64
<b>4.5.3 pav.</b> Skirtumai tarp susietu projektų .....	65
<b>4.5.4 pav.</b> Skirtumai tarp susietu projektų .....	65
<b>4.5.5 pav.</b> Skirtumai tarp susietu projektų .....	66
<b>4.5.6 pav.</b> Baigtinių elementų metodu apskaičiuotų koordinačių ir iš ortofotografinio žemėlapiro gautų koordinačių skirtumai.....	67
<b>4.5.7 pav.</b> Baigtinių elementų metodu apskaičiuotų koordinačių ir iš ortofotografinio žemėlapiro gautų koordinačių skirtumai.....	67
<b>4.5.8 pav.</b> Konforminio transformavimo metodu apskaičiuotų koordinačių ir iš ortofotografinio žemėlapiro gautų koordinačių skirtumai.....	68
<b>4.5.9 pav.</b> Konforminio transformavimo metodu apskaičiuotų koordinačių ir iš ortofotografinio žemėlapiro gautų koordinačių skirtumai.....	69
<b>4.5.10 pav.</b> Konforminio transformavimo metodu ir baigtinių elementų metodu apskaičiuotų koordinačių skirtumai .....	69

## LENTELIŲ SĄRAŠAS:

<b>2.1 lentelė.</b> Pagalbinių šaltinių duomenų lentelė.....	26
<b>2.1 lentelės tęsinys:</b> Pagalbinių šaltinių duomenų lentelė .....	27
<b>4.2.1 lentelė</b> Išmatuotų koordinačių paklaidos.....	55
<b>4.4.1 lentelė</b> Deformacijos tenzoriaus elementų eij ir koeficientų reikšmės.....	56
<b>4.4.1 lentelės tęsinys</b> Deformacijos tenzoriaus elementų eij ir koeficientų reikšmės .....	57
<b>4.4.2 lentelės tęsinys</b> Deformacijos tenzoriaus elementų eij ir koeficientų reikšmės .....	57
<b>4.4.2 lentelės tęsinys</b> Deformacijos tenzoriaus elementų eij ir koeficientų reikšmės.....	58
<b>4.4.3 lentelė</b> Konforminio koordinačių perskaičiavimo lygčių koeficientai ir paklaidos .....	58
<b>4.4.4 lentelė</b> Perskaičiuotų taškų koordinatės LKS 94 koordinačių sistemoje .....	58
<b>4.4.4 lentelės tęsinys</b> Perskaičiuotų taškų koordinatės LKS 94 koordinačių sistemoje .....	59
<b>4.4.4 lentelės tęsinys</b> Perskaičiuotų taškų koordinatės LKS 94 koordinačių sistemoje .....	60
<b>4.4.4 lentelės tęsinys</b> Perskaičiuotų taškų koordinatės LKS 94 koordinačių sistemoje .....	61
<b>4.6.1 lentelė.</b> Vidutinės kvadratinės paklaidos paskaičiuotiems koordinačių skirtumams .....	70

## ĮVADAS

Lietuvos Respublikoje yra 2,6 mln. ha melioracijos sistemomis nusausintų žemių. Mūsų šalies žemės ūkio našumui didelę įtaką turi melioracija ir melioracijos įrenginių būklė. Atkūrus privačią žemės nuosavybę, labai svarbu nesuardyti buvusių melioracijos sistemų, perduodant jas kartu naujiems žemės savininkams, užtikrinant jų tinkamą eksploataciją (Rumša 1999). Nuo to, kaip funkcionuoja melioracijos sistemos, kaip greitai galime gauti informacijos apie melioruotos žemės ir melioracijos statinių būklę, kaip greitai galime surasti projektinę statinių dokumentaciją ir gauti duomenis apie jų savininkus priklauso visos melioracijos infrastruktūros valdymo ir reguliavimo operatyvumas ir priimtų sprendimų efektyvumas (MELGIS instrukcija 2005). Tokia valdymo sistema turi remtis Geografijos informacinių technologijų sistema (GIS), kuri leidžia greitai ir efektyviai spręsti iškilusius uždavinius.

Melioracijos projektai analogine forma sudaryta sąlyginėse arba vietinėse koordinačių sistemose. Ši medžiaga yra pasenusi ir dažnai yra su didelėmis deformacijomis, todėl reikalingas toks melioracijos projektų susiejimo metodas su Lietuvos koordinačių sistema (LKS 94 koordinačių sistema), kuriuo būtų galima pasiekti didesnę tikslumą.

*Darbo tikslas* – patobulinti melioracijos projektų susiejimo su LKS 94 koordinačių sistema šiuo metu gamyboje taikomą metodą. *Šiam tikslui pasiekti sprendžiami šie uždaviniai:*

- Išnagrinėti dabar taikomų melioracijos projektų susiejimo su LKS 94 koordinačių sistema metodiką;
- Išnagrinėti koordinačių perskaičiavimo konforminiu ir baigtinių elementų būdais algoritmus ir perskaičiavimo ypatumus;
- Sudaryti ryšio lygtis ir transformuoti melioracijos projektą į LKS 94 koordinačių sistemą baigtinių elementų metodu;
- Sudaryti ryšio lygtis ir transformuoti melioracijos projektą į LKS 94 koordinačių sistemą konforminiu metodu;
- Atlikti eksperimento rezultatų analizę;
- Parašyti rekomendacijas melioracijos projektų susiejimo su LKS 94 koordinačių sistema šiuo metu gamyboje taikomai metodikai.

*Tyrimo objektas* – Utenos rajono Jotačių kadastro vietovės melioracijos projektas R4,91998 M1:2000.

*Tyrimų metodika* – teoriniai ir eksperimentiniai tyrimai.

Atlikti tyrimai skelbti konferencijoje:

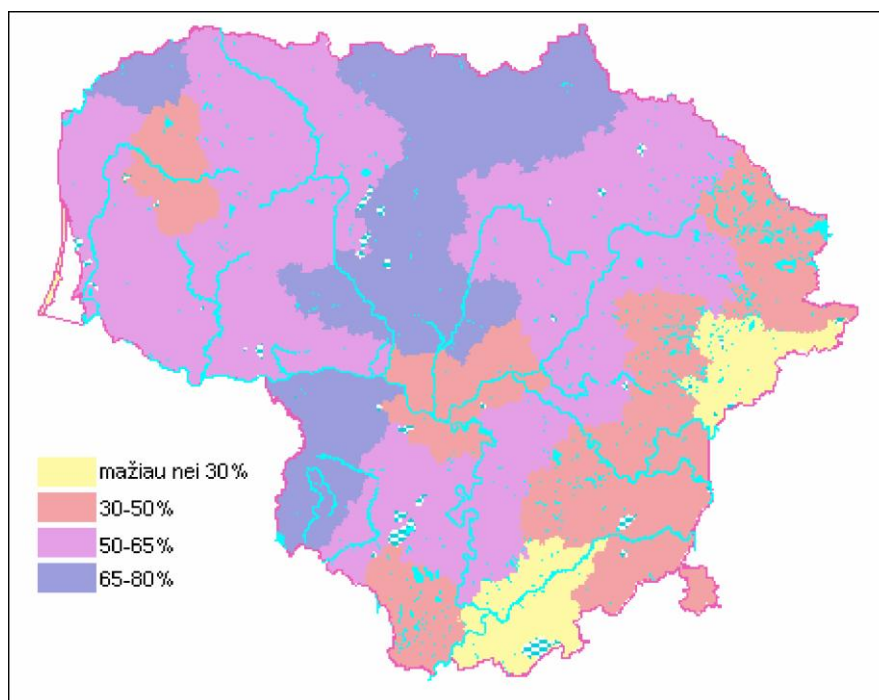
VGTU, Aplinkos inžinierijos fakultetas, Respublikinė mokslo konferencija, „Civilinė inžinerija ir geodezija. 2010 m. spalio 23d. „Melioracijos projektų susiejimas su LKS–94 koordinačių sistema“ (žr. 11 priedą).

*Darbą sudaro šios dalys:* įvadas; keturios dėstymo dalys: pirmojoje dalyje aprašomas tyrimo objektas ir aktualumas, antrojoje – melioracijos projekto susiejimo su LKS–94 koordinatų sistema ArcGIS programine įranga metodika, trečiojoje – skaitmeninės kartografinės medžiagos transformavimo metodai ir jų algoritmai, ketvirtojoje dalyje atliktas eksperimentinis tyrimas; išvados; literatūros sąrašas ir priedai.

Darbo apimtis: 61 psl. teksto, 6 lentelės, 31 paveikslėlis, atskirai pridedami darbo priedai.

## 1. TYRIMO OBJEKTAS IR AKTUALUMAS

Didžioji Lietuvos teritorijos dalis yra nusausinta melioracijos sistemų – tai leidžia efektyviau vystyti žemės ūkį Lietuvoje. Paskutiniaisiais duomenimis, nusausinta 2,6 mln ha žemės Lietuvos teritorijoje. Melioruoti plotai Lietuvoje pasiskirstę, priklausomai nuo gamtinių sąlygų ir nuo reljefo. Šlapių žemių daugiausia yra Šiaurės vakarinėje dalyje ir Pabaltijo žemumoje, kur reljefas lygus ar silpnai banguotas, o dirvožemiai sunkesni ir jų podirvis mažai laidus vandeniui. Taip pat nuo gamtinių sąlygų priklauso ne tik melioruojamų plotų pasiskirstymas, bet ir melioravimo darbų rūšys ir apimtys. Kuo gamtinės sąlygos nepalankesnės žemės ūkiui ar kitai žmonių veiklai, tuo melioracija sudėtingesnė. Dėl įvairių priežasčių Lietuvoje numelioruoti plotai pasiskirstę netolygiai (1.1 pav).



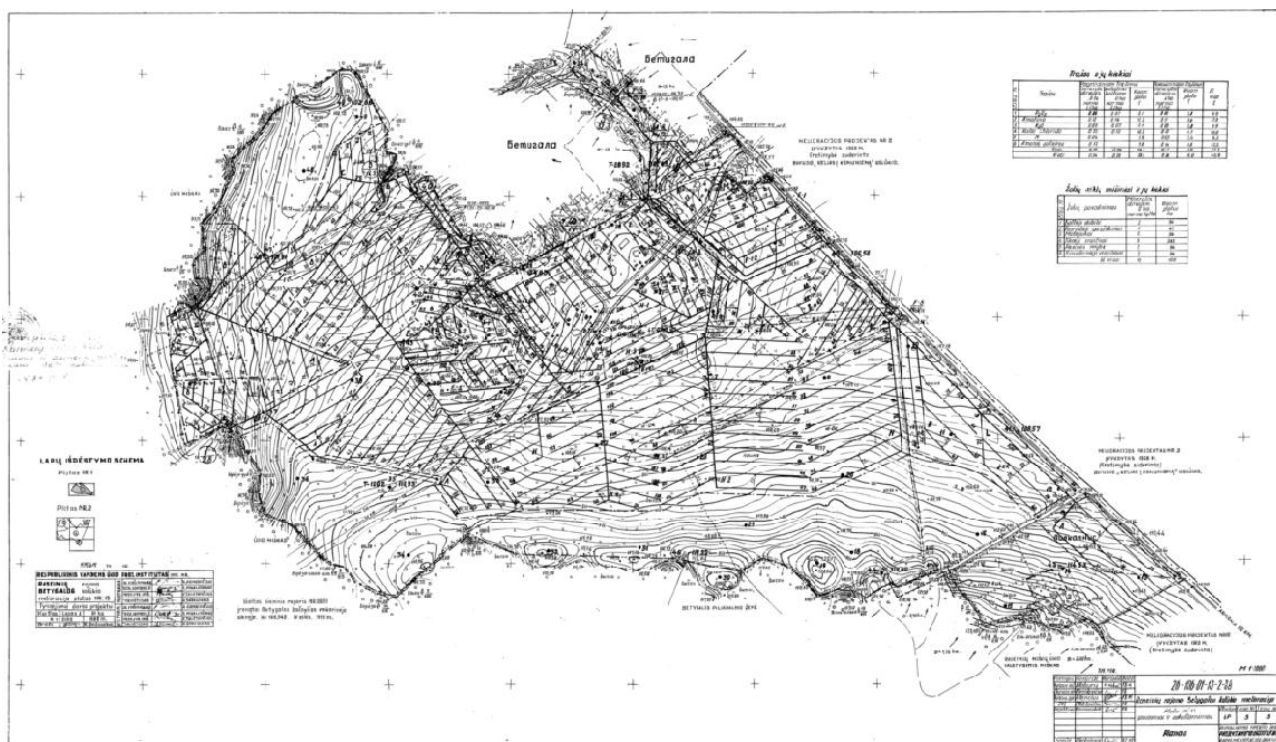
1.1 pav. Nusausinta žemė Lietuvoje

Apie 15 % nusausinto ploto yra blogos ar patenkinamos būklės. Melioracijos sistemos nepritaikytos privataus ūkininkavimo sąlygoms ir neatitinka aplinkosaugos reikalavimų. Dabar daugiausia dėmesio skiriama melioracijos sistemų priežiūrai, remontui ir rekonstrukcijai, nes jų veikimo laikas yra 30–50 metų. Pagrindinis dėmesys skiriamas lauko drenažo inžinerinės infrastruktūros, kaip žemės ūkio ir alternatyvios veiklos pagrindo, gerinimui. Tai dideli darbai, reikalaujantys daug lėšų, kurioms sukaupti reikia daug laiko, bet būtini, kad žemės ūkis būtų sėkmingai vystomas. Naujos drenažo sistemos dažniausiai rengiamos tik besikuriančių ūkininkų žemėse, bet tokie plotai nedideli (Urbonas 1998).

Išsamiau šio skyriaus poskyryje 1.1. aprašomas tyrimo objektas, o 1.2. poskyryje nagrinėjamas tyrimo reikalingumas ir probleminiai klausimai, analizuojami su šia tema susiję literatūros šaltiniai.

## 1.1. TYRIMŲ OBJEKTAS

Visa Lietuvos teritorijos melioracijos kartografinė medžiaga yra sudaryta iš analoginių projektinių planų M1:2000 masteliu (statybos ir rekonstrukcijos) – tai pagrindinė gamybinė medžiaga (1.1.1 pav.).



1.1.1pav. Analoginis projektinis melioracijos planas

## 1.2. TYRIMO REIKALINGUMAS IR PROBLEMINIAI KLAUSIMAI

Remiantis PHARE projekto ekspertų grupės (kuri buvo suburta, kad ištirtų, kaip galima Lietuvoje realizuoti specializuotą GIS, skirtą melioracijos sistemų valdymo ir stebėjimo problemoms spręsti) galutinės ataskaitos išvadamis, buvo skurta MelGIS technologija, kurios tikslas yra suderinti valstybės, savivaldybių, žemės ūkio veikla užsiimančių juridinių ir fizinių asmenų, piliečių interesus, užtikrinti melioruotos žemės ir melioracijos statinių normalaus eksploatavimo sąlygas vykdant žemės reformą, žemių konsolidavimo darbus ir keičiant žemės

naudojimo paskirtį. MelGIS kūrimo poreikį taip pat iniciavo melioracijos projektų techninės dokumentacijos ir analoginė planinės medžiagos išsaugojimo būtinybė.

MelGIS technologija apima:

1. melioracijos projektų techninės dokumentacijos ir analoginė planinės medžiagos nuskaitymą;
2. šios medžiagos susiejimą su LKS 94 koordinačių sistema;
3. melioruotos žemės ir melioracijos statinių skaitmeninių duomenų bazės kūrimą;
4. melioruotos žemės ir melioracijos statinių skaitmeninių duomenų bazių panaudojimas praktiškai (MELGIS instrukcija 2005).

Darbe nagrinėsiu analoginės planinės medžiagos susiejimą su LKS 94 koordinačių sistema – tai yra pagrindinis darbų etapas, kuriant melioracijos informacinę sistemą, nuo kurios priklauso duomenų bazės kokybė.

Koordinačių suteikimas nuskaitytiems analoginiams melioracijos planams yra pagrindinis darbų etapas kuriant skaitmeninę melioracijos duomenų bazę ir ją administruojant, kadangi nuo melioracijos projektų susiejimo tikslumo priklauso visos duomenų bazės kokybė. Atliekant melioracijos projektų susiejimo darbus susiduriama ir su keletu problemų.

Pagrindinė problema yra ta, kad nebuvo atliktos išpildomosios nuotraukos, todėl pasitaiko atvejų, kuomet melioracijos projektas gali būti įvykdytas ne taip, kaip buvo planuota projektinėje medžiagoje, tačiau kitos medžiagos, kuria galima būtų remtis, sudarant MELGIS duomenų bazę, nėra.

Kita problema būtų ta, kad dauguma projektinių planų buvo atlikti sąlyginėje arba vietinėje koordinačių sistemoje, t.y. dažnai projektinėje medžiagoje nėra koordinačių tinklelio, kuris būna nusidėvėjęs arba nėra žinomos tinklelių reikšmės.

Nemažos įtakos turi tai, kad vidutinis šalies melioracijos statinių amžius yra apie 34 metai, todėl melioracijos planuose esanti informacija dažnai nebeatitinka tikrovės. Suprantama, kad analoginė planinė melioracijos projektų medžiaga yra sena, naudota daug metų dėl to dažnai yra pažeista fiziškai, deformuota.

*Taigi pagrindinės problemos būtų šios:*

- ✓ Nėra išpildomųjų nuotraukų;
- ✓ Projektiniai planai atlikti sąlyginėje arba vietinėje koordinačių sistemoje;
- ✓ Nėra valstybinio koordinačių tinklelio;
- ✓ Informacija planuose yra pasenusi ir vietomis neatitinka tikrovės;
- ✓ Analoginiai planai būna fiziškai nusidėvėję ir deformuoti.

Įvertinus esamą būklę svarbu rasti optimalų būdą, kaip suteikti analoginiams melioracijos planams koordinates valstybinėje koordinacių sistemoje.

### 1.3. LITERATŪROS APŽVALGA

Norint tinkamai atlikti šio darbo iškeltus uždavinius, reikia išanalizuoti visą informaciją, susijusią su melioracijos projektų susiejimu ir koordinacių transformavimo, todėl trumpai apžvelgiama ši literatūra:

- ✓ Melioracijos darbus aprašantys įstatymai ir taisyklės;
- ✓ Žemėlapių skaitmenizavimas;
- ✓ Geografinė informacinė sistema;
- ✓ Susiejimui naudojamų duomenų šaltiniai ir jų formatai.

#### *Melioracijos darbus aprašantys įstatymai ir taisyklės*

Tinkamą darbo su melioracijos objektais ir statiniais numato Lietuvos Respublikos melioracijos įstatymas, Valstybei nuosavybės teise priklausančių melioracijos statinių ir melioracijos sistemų naudojimo taisyklės (toliau melioracijos darbų taisyklės) ir kiti įstatymai.

*Melioracijos projektinė planinė medžiaga* – tai topografinės nuotraukos ir visa kita su planavimu ir projektavimu susijusi medžiaga, kurios pagrindu (ant kurios) buvo atliktas melioracijos projektas (Valstybės žinios, Nr. I-323.1993).

*Melioracija* – tai žemės gerinimas hidrotechninėmis, kultūrtechninėmis, agromelioracinėmis ir kitomis priemonėmis, norint sureguliuoti dirvožemio vandens, šilumos ir oro režimą, sudaryti geresnes sąlygas žemdirbystei, išsaugoti ir padidinti dirvos derlingumą, formuoti racionalią žemėveikslų struktūrą (Valstybės žinios, Nr. I-323.1993).

*Melioracijos įrenginiai* – drenažas, grioviai, pylimai ir kiti hidrotechnikos statiniai, drėkinimo įrenginiai ir melioruotoje žemėje esantys vidaus keliai (Valstybės žinios, Nr. I-323.1993).

*Melioracijos darbai* - melioracijos įrenginių statyba, rekonstrukcija, remontas, šių įrenginių priežiūra, taip pat kitų melioracijos priemonių įgyvendinimas (Valstybės žinios, Nr. I-323.1993).

Melioruotos žemės ir melioracijos statinių duomenų bazės (toliau – bazės) objektas yra Lietuvos Respublikos valstybinė ir privati melioruota žemė ir joje esantys arba tai žemei priskiriami melioracijos statiniai. Tai duomenys apie melioruotos žemės plotus ir melioracijos statinius, jų vertę, nusidėvėjimą bei būklę. Žemės sklypų savininkų melioruota žemė ir melioracijos statiniai apskaitomi pagal kadastrines vietas.

Žemės savininkams ar kitiems naudotojams informacija apie nusausias žemes ir melioracijos statinius teikiama pagal Melioracijos statinių techninių dokumentų ir kitos informacijos pateikimo melioruotos žemės savininkams ir kitiems naudotojams taisyklės.

*LR melioracijos įstatymas 7 straipsnis numato:* „Žemės ūkio ministerija rengia melioracijos programas, nustato melioracijos prioritetus, koordinuoja melioracijos darbų ir melioracijos statinių naudojimo valstybinę priežiūrą, melioruotos žemės ir melioracijos statinių apskaitos tvarkymą bei valstybei nuosavybės teise priklausančius melioracijos statinius patikėjimo teise valdančių institucijų veiklą šioje srityje, kartu su Aplinkos ministerija, kuriai pagal Statybos įstatymą pavesta rengti statybos techninius reglamentus, rengia melioracijos statinių projektavimo, statybos, statinio pripažinimo tinkamu naudoti normatyvinius dokumentus ir juos tvirtina, nustato melioracijos statinių techninių dokumentų pateikimo melioruotos žemės savininkams ar kitiems naudotojams tvarką.“

Tuo tarpu LR melioracijos įstatymas 9 straipsnis apibrėžia Melioruotos žemės ir melioracijos statinių apskaitą: „Melioruotos žemės ir melioracijos statinių apskaita yra sudėtinė žemės informacinės sistemos dalis ir apima visumą žinių apie teisinę, geografinę ir ūkinę melioruotos žemės ir melioracijos statinių būklę. Melioruotos žemės ir melioracijos statinių apskaitos tvarką nustato Žemės ūkio ministerija.“

Melioruotos žemės ir melioracijos statinių apskaitos bendrą duomenų bazę sudaro duomenys, suformuoti Lietuvos Respublikos geodezijos ir kartografijos įstatyme nustatytu GIS principu, 1994 metų Lietuvos koordinačių sistemoje (LKS-94). Duomenų suvestinės parengiamos pagal rajonų savivaldybių ir savivaldybių teritorijas, tarp jų ir informacija apie valstybei nuosavybės teise priklausančią melioruotą žemę ir melioracijos statinius. Informacija skelbiama kasmetiniame informaciniame leidinyje „Melioruota žemė ir melioracijos statiniai“.

Praktiniam naudojimui skaitmeniniai ir popieriniai Mel\_DB10LT žemėlapiai susiejami su ortofotografiniais skaitmeniniais rastriniais žemėlapiais, kuriuos galima papildyti skenuotais ir susietais su LKS-94 melioracijos projektais M 1:2000 (juos sumažinant iki M 1:10000).

Kaip numato Valstybei nuosavybės teise priklausančių melioracijos statinių ir melioracijos sistemų naudojimo taisyklės: „melioruotų žemių ir statinių apskaitos skaitmeninė grafinė medžiaga rengiama pagal melioruotų žemių geografinės informacinės sistemos specifikaciją (MELGIS), M1:2000 projektus skenuojant ir susiejant su LKS-94“. Remiantis šiomis taisyklėmis LR savivaldybių melioracijos skyriai organizuoja konkursus skenuotos melioracijos projektinės planinės medžiagos susiejimui su LKS-94 koordinačių sistema atlikti.

Melioracijos planinės projektinės medžiagos projektai gali būti susiejami su LKS 94 koordinačių sistema kameraliai naudojant ortofotografinius skaitmeninius žemėlapius. Šiuo atveju reikia nustatyti tuos pačius taškus melioracijos projekto plane ir ortofotografiniame žemėlapyje.

Didesnis taškų skaičius leidžia pasiekti didesnę susiejimo su koordinacinių sistema LKS 94 tikslumą. Darbui naudojama ArcInfo, ArcGIS 9 (ir naujesnės versijos) (Valstybės žinios, Nr. I-323.1993).

Projektinė medžiaga susiejama su LKS-94, nustatomos lauke, melioruotame plote, ir išmatuojamos aiškiai matomų melioracijos plane melioracijos statinių taškų koordinatės GPS (globalinio pozicionavimo sistemos) arba kitais geodezinių matavimų prietaisais. Melioracijos planai gali būti susiejami su LK-94 kameraliai naudojant ortofotografinius skaitmeninius žemėlapius. Šiuo atveju reikia nustatyti tuos pačius taškus melioracijos projekto plane ir ortofotografiniame žemėlapyje. Didesnis taškų skaičius leidžia pasiekti didesnę susiejimo su koordinacinių sistema LKS-94 tikslumą. Darbui naudojama *ArcInfo*, *ArcGIS* arba *SmartImage* su *ArcView* programos. Skaitmeninis žemėlapis parengiamas TIF formatu, o jo orientavimo geografinėje erdvėje parametrai – TFW išplėtimu. Susiejimo paklaida negali viršyti 5 m.

Paruošiami kompiuteriniai aplankalai kiekvienai savivaldybės teritorijos kadastro vietai, įrašant kadastro vietovės pavadinimą ir kodą, eilės numerį ir projekto pavadinimą. Atlikus koordinacinių suteikimą skenuotai melioracijos planinei medžiagai, kiekvienai kadastro vietai sudaroma kompiuterinio dokumento byla „Skaityk mane“. Pastabose aprašomi pasitaikę neaiškumai bei neatliktų darbų priežastys.

Melioruotų žemių ir statinių apskaitos grafiniai ir tekstiniai duomenys įrašomi į CD. Vienas CD saugomas savivaldybėje, kitas – pas melioruotų žemių ir melioracijos statinių tvarkytoją – VĮ Valstybiniame žemėtvarkos institute (VŽI), kuris paskirtas pagal Melioruotos žemės ir melioracijos statinių apskaitos taisykles.

Skenuota melioracijos projektų, susietų su LKS-94 koordinacinių sistema, medžiaga, inventorizavimo ir kita medžiaga, kad ji būtų fiziškai ir juridškai apsaugota, kopijuojama į du CD, kurių vienas saugomas savivaldybėje, kitas – perduodamas saugoti VĮ VŽI. Suvestiniai duomenys šalies mastu saugomi VĮ VŽI.

Žemės sklypuose esančių melioracijos statinių žemėlapiai išduodami žemės sklypo savininkui ar naudotojui pageidaujant vadovaujantis Melioracijos statinių techninių dokumentų ir kitos informacijos pateikimo melioruotos žemės savininkams ir kitiems naudotojams taisyklėmis.

Melioracijos statiniai pažymimi žemėlapiuose pagal matavimus valstybinėje koordinacinių sistemoje pastačius statinius, rekonstravus ar kitaip pertvarkius Statybos įstatymo nustatyta tvarka ir pripažintais tinkamais naudoti. (Valstybės žinios, 2008-04-12, Nr. 42-1562).

Praktika parodė, kad mažiausias projektinės dokumentacijos vienetas, kuriant ir kaupiant *Melioracijos informacijos sistemas (duomenų bazės)*, kuriuo reikėtų pradėti kurti MIS, yra kadastrinė vietovė. Kadastrinė vietovė suprantama kaip kelių buvusių ūkių melioracijos objektai. Tokia kadastrinė vietovė susideda iš kelių melioracijos objektų, dažniausiai baigtų rengti ir atiduotų naudoti ūkiams skirtingais metais, todėl dar pažymėti perdavimo eksploatavimui metai.

Tolesnis duomenų rinkimas MIS kurti vykdomas nuosekliu skaidymu skleidžiant turimus kiekvieno melioracijos objekto planus. Tokia melioracijos plano skleistis yra kadastrinės vietovės nedidelė dalis. Nei kadastrinė vietovė, nei pastaroji melioracijos plano skleistis nėra orientuotos (be koordinatų) arba yra orientuotos vietos koordinatų sistemoje. Reikia, kad duomenų bazė būtų susieta su LKS–94 koordinatėmis. Tai galima atlikti dviem būdais:

✓ pažymėti koordinates laukuose, naudojantis GPS. Šiuo būdu GPS imtuvu matuojamos aiškiai matomų plane ir vietovėje taškų (kelių, griovių sankirtos) koordinatės;

✓ siejant projektus su turimais ortofotografiniais planais.

Šiuo būdu naudojama ortofotografiniu planu (kaip georeferenciniu pagrindu) – tai vietovės fotografija iš orlaivio, kuri orientuota pagal LKS–94 koordinates. Siejant turimą projektą (drenažo tinklą) su ortofotografiniu skaitmeniniu žemėlapiu svarbu rasti ryškius taškus tiek viename, tiek kitame vaizduose ir tinkamai nurodyti sąsajas. Tokių sietinų taškų turi būti mažiausiai trys. Tolesnis darbas – įskaitmeninti drenažo sistemą skaitmeniniame ortofotografiniame atvaizdyje. Įskaitmeninti galima nesinaudojant ortofotografiniu atvaizdu, tačiau projektas jau turi būti orientuotas atitinkamoje vietovėje LKS–94 koordinatų sistemoje. Taigi rastriniu būdu gautą skleistį reikia paversti vektorine. Šis darbas vykdomas išbraižant (vektorizuojant) visą drenažo tinklą. Be to įskaitmeninat reikia įvertinti įvairius statybos metu padarytus pakeitimus bei ištaisyti aptiktas klaidas (Tumas 2006).

#### *Analoginių žemėlapių skaitmenizavimas*

*Skaitmenizavimas* – tai informacijos transformavimas iš analoginio formato, pavyzdžiui, popierinio žemėlapiu, į skaitmeninį formatą. *Skaitmenizavimas gali būti:*

- ✓ Rankinis;
- ✓ Pusiau automatizuotas (automatiškai vektorizuojama ranka nurodyta linija);
- ✓ Visiškai automatizuotas.

Rankinis skaitmenizavimas užima daug laiko, tačiau yra gana tikslus. Nuskaičius rankiniu būdu žemėlapiu objektai gali būti pažymėti dviem būdais (Aleknavičius 2008):

1. Naudojant analoginį žemėlapi ant skaitmenizavimo stalo pažymint objektus skaitmenizavimo pele;
2. Nuskenavus analoginį žemėlapi vektorizuojant objektus kompiuterio ekrane.

Skaitmenizuojant spausdintą žemėlapi žemėlapiu objektų pažymėjimui naudojamas specialus stalas – digitaizeris (1.3.1pav.). Žemėlapis tvirtinamas prie tokio stalo su veikiančia

skaitmenizavimo programine įranga, kuri registruoja pelės judėjimą ir pagal vartotojo komandas kuria taškus, linijas, daugiakampius. Taip vyksta skaitmenizavimo procesas (Aleknavičius 2008).



**1.3.1pav.** Skaitmenizavimo stalas ir skaitmenizavimo pelė

Skaitmenizavimo procesą galima suskaidyti į tokius etapus (Aleknavičius 2008):

1. Skaitmenizuojamas žemėlapis pritvirtinamas prie skaitmeninio lentos, joje turi būti nurodyti ir įvesti į kompiuterį keturių žemėlapio lapo kampų kontroliniai taškai kartu su keturių žemėlapio kampų koordinatėmis. Žemėlapio georeferencinių koordinatinių nustatymą reikia atlikti kiekvieno naujo skaitmeninio pradžioje, nes žemėlapio padėtis ant planšetės kaskart gali skirtis. Įvedus bent keturias poras kontrolinių taškų programinė įranga apskaičiuos vidutinę kvadratinę paklaidą ir parodys operatoriui. Jei apskaičiuota paklaida mažesnė už leistiną paklaidos ribą, operatorius gali pradėti darbą.

2. Žemėlapio informacija pagal žemėlapio sluoksnius ir žemėlapio kodavimo sistemą skaitmenizuojama taškų arba srauto režimu trumpais laiko intervalais. Taškų režimu skaitmenizavimo operatorius pasirenka ir koduoja objektų lūžio arba kritinius taškus, atvaizduojančius linijos kontūrą, arba svarbias koordinatinių poras per dideliu tankiu.

3. Klaidų, gautų atlikus skaitmenizavimą, koregavimas (pvz., klaidingai pažymėti taškai).

4. Planšetės koordinatinių transformavimas į žemėlapio ir erdvės duomenų bazės koordinates.

Nuskaityto žemėlapio objektai vektorizuojami kompiuterio ekrane, naudojant programinę įrangą. Vektorizavimas gali būti atliekamas naudojant tris vektorių nužymėjimo metodus (Aleknavičius 2008):

- ✓ Rastrinio vaizdo vektorizavimas ekrane rankiniu būdu;
- ✓ Pusiau automatinis rastrinio vaizdo vektorizavimas (su pirmine rankine navigacija ir valdymu fiksuojant, nustatant parametrus);
- ✓ Automatinis linijų vektorizavimas arba rastro atpažinimas (pagal nustatytus parametrus).
- ✓

Rankinio vektorizavimo ekrane pagrindiniai etapai (Aleknavičius 2008):

1. Nuskaitomas analoginis žemėlapis arba vaizdas. Nuskaitomas žemėlapis turi būti aukštos kartografinės kokybės su aiškiai išskiriamomis linijomis, tekstu ar simboliais;
2. Nustatomos georeferencinės skenuotų žemėlapių arba vaizdų koordinatės. Programinėmis priemonėmis nuskenuotam žemėlapyje pažymimi žinomi taškai ir įvedamos jų koordinatės.
3. Žemėlapio objektai pažymimi rankiniu būdu ekrane, naudojant pelę. Objektų atributiniai duomenys įvedami rankiniu būdu.
4. Rastrinis vaizdas transformuojamas į vektorinius duomenis pagal tam tikrą vektorizavimo algoritmą.

Nuskaitymas dabar labiausiai paplitęs būdas norint gauti rastrinį skaitmeninį vaizdą. Skaitytuvų (skenerių) yra įvairių tipų, plačiausiai naudojami digitaizeriniai (planšetiniai) skaitytuvai.

#### *Geografinė informacinė sistema (GIS)*

*Geografinė informacinė sistema (GIS)* – tai informacinės sistemos dalis, organizuojama geografiniu principu t.y. dirbanti ne tik su aprašomąja (lentelių, atributine ir kt.), bet ir su koordinuota – orientuota erdvėje, informacija (Kumietaitienė, Stanionis 2008).

*Rastras* – tai skaitmenizuota kartografinė medžiaga, kur realaus pasaulio objektai aprašomi tam tikros spalvos celių rinkiniu.

*Pagrindinis GIS privalumas* – operavimas erdvine (koordinuota, orientuota erdvėje) informacija. Visa tam tikros teritorijos informacija suskaidoma sluoksniais – temomis kiekviename iš jų saugoma tam tikros teritorijos vienaarūšė informacija (Kumietaitienė, Stanionis 2008).

Visi objektai yra koordinuoti ir tvarkingai tarpusavyje suderinti, todėl patogų turimą informaciją analizuoti ir modeliuoti atskirais sluoksniais arba kaip reikalingų sluoksnių kombinaciją. Turint tokią daugiasluoksnę duomenų bazę, galima ją naudoti praktiškai bet kokios srities problemoms spręsti – teritoriniam planavimui, gamtinių ir ekonominių išteklių tvarkymui ir prognozėms ir t.t. Taip pat GIS technologija suteikia galimybę operatyviai dirbti su rastriniais duomenimis, ne tik juos vektorizuoti ir kaupti vektorinius duomenis į duomenų bases, bet ir susieti rastrinius duomenis su pasirinkta koordinačių sistema, t.y. rastrinius duomenis naudoti kaip kartografinį pagrindą.

#### *GIS naudojami duomenų modeliai*

Realų pasaulį sudaro geografinėje erdvėje išsidėstę natūralios (upės, miškai) ir urbanistinės (keliai, vamzdynai, pastatai) kilmės objektai. GIS analizuojami objektai gali būti ir menami (kelio

ašinė linija, žemės sklypas, rinkiminė apygarda). Geografinėse informacinėse sistemose naudojami trys duomenų modeliai, leidžiantys sukurti realius objektus:

- ✓ Vektorinis;
- ✓ Rastrinis;
- ✓ Paviršiaus.

*Šie modeliai kuriami, laikantis tam tikrų realaus pasaulio struktūrizavimo principų:*

- ✓ Realaus pasaulio vaizdas turi būti logiškai suskirstytas į objektus;
- ✓ Objektai turi būti išreikšti elementais – plotais, linijomis, vektoriais, taškais arba reikšminėmis celėmis;
- ✓ Kiekvieno objekto padėtis turi būti apibrėžta geografinėje erdvėje;
- ✓ Kiekvieno elemento charakteristikos - atributai turi būti aprašyti.

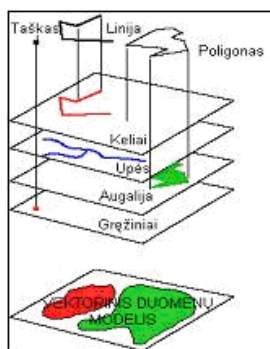
*GIS technologijoje naudojami trys struktūriniai elementai geoobjektams atvaizduoti:*

✓ Taškas. Yra tokių objektų, kurie yra per maži pavaizduoti juos kaip linijas ar plotus (grėžinių vietos, elektros stulpai, medžiai), todėl jų vieta nusakoma taškais. Taškais vaizduojami ir tie objektai, kurie neturi ploto (kalvų viršūnės). Taško vietą nusako viena koordinačių pora;

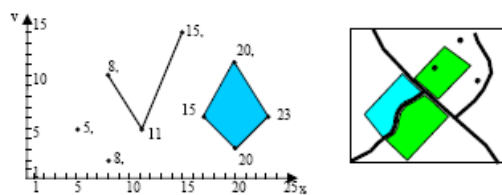
✓ Linija. Jos vaizduoja tokius objektus, kurie tam tikrame mastelyje yra per siauri, vaizduoti juos kaip plotus (gatvės, elektros linijos, upės), arba objektus, kurie turi ilgį, bet neturi ploto (izolinijos, gatvių ašinės linijos). Linijos padėtį aprašo pradžios ir pabaigos taškų koordinatės. Taip pat tam tikrai objektų, vaizduojamų linijomis, grupei, svarbi charakteristika yra kryptis (upės ašinė linija, inžineriniai tinklai). Nurodžius kryptį, galima atlikti papildomas GIS analizės funkcijas ir taisyklingai pavaizduoti asimetriškus simbolius;

✓ Poligonas. Plotai bei yra uždaros figūros, vaizduojančios vienuarūšių objektų formą padėtį vietovėje (ežerai, dirvožemio tipai, miškų masyvai). Plotui aprašyti reikalingos bent jau trys koordinačių poros (Kumietaitienė, Stanionis 2008).

*Vektorinis duomenų modelis.* Šiame modelyje realaus pasaulio objektai yra įvedami ir saugomi duomenų bazėse kaip koordinačių porų (x, y) rinkinys (1.3.2pav.) (z koordinatė - kai kaupiami duomenys trimatėje erdvėje). Geometrinių elementų (taškas, linija, plotas) pavidalu realus vaizdas išreiškiamas plokštumoje (1.3.3pav.) (Kumietaitienė, Stanionis 2008).

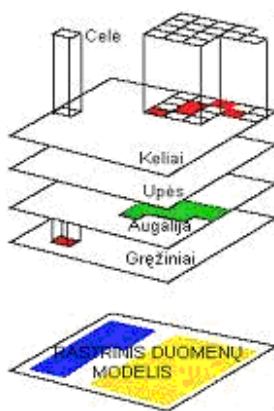


**1.3.2pav.** Vektorinis duomenų modelis



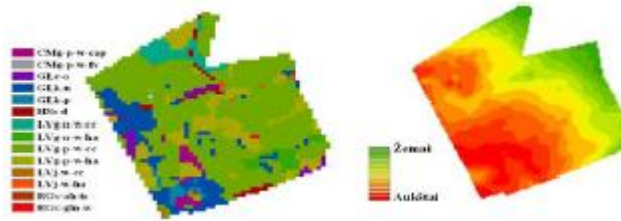
**1.3.3pav.** Geometriniai elementai

*Rastrinis duomenų modelis.* Šiame modelyje kiekvienas realaus pasaulio taškas suprantamas kaip celė (pikselis). Celių matrica, sudaryta iš eilučių ir stulpelių, formuoja koordinacių tinklą. Struktūrizuotame rastriniuose duomenų modelyje, realaus pasaulio objektas aprašomas tam tikros spalvos celių rinkiniu (1.3.4pav.) (Kumietaitienė, Stanionis 2008).



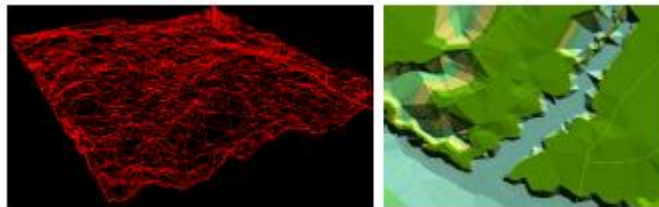
**1.3.4pav.** Rastrinis duomenų modelis

Rastriniai duomenys gali būti geografiškai orientuoti valstybinėje koordinacių sistemoje ir gali būti naudojami kartu su kitų rūšių duomenimis tam tikrai teritorijai. Rastrinių žemėlapių sudarymo šaltiniai yra nuskaityti nespalvoti ir spalvoti žemėlapiai, palydoviniai arba aerofotometodais gauti žemės paviršiaus vaizdai. Rastriniame modelyje pasaulis yra vaizduojamas kaip paviršius, kuris yra sudalytas į taisyklingas, dažniausia kvadrato formos, gardeles. Geografinės matricos gali būti naudojamos taip pat kategorinei informacijai kaupti, pvz., dirvožemio tipui gardelėje. Kategorinę informaciją kaupiančiose geografinėse matricose gali būti sukaupti papildomi atributai apie kiekvieną kategoriją (1.3.5pav.).



**1.3.5 pav.** Gardelėse kaupiama atributinė informacija

*Paviršiaus duomenų modelis.* Tai Triangulated Irregular Network (TIN) modelis, jis tam tikrą paviršių apibūdina, kaip sujungtų trikampių viršūnių grupę. Paviršiaus modelis atvaizduojamas kaip tinklas trikampių, jungiančių netaisyklingai išdėstytus taškus su x, y ir z reikšmėmis. TIN yra efektyvus būdas kaupti ir analizuoti paviršius, sukuria ne stačiakampių, o trikampių tinklą, saugodamas informaciją apie trikampių tarpusavio ryšius TIN (1.3.6 pav.) naudojamas vaizduoti nenuosekliams paviršiams (Kumietaitienė, Stanionis 2008).

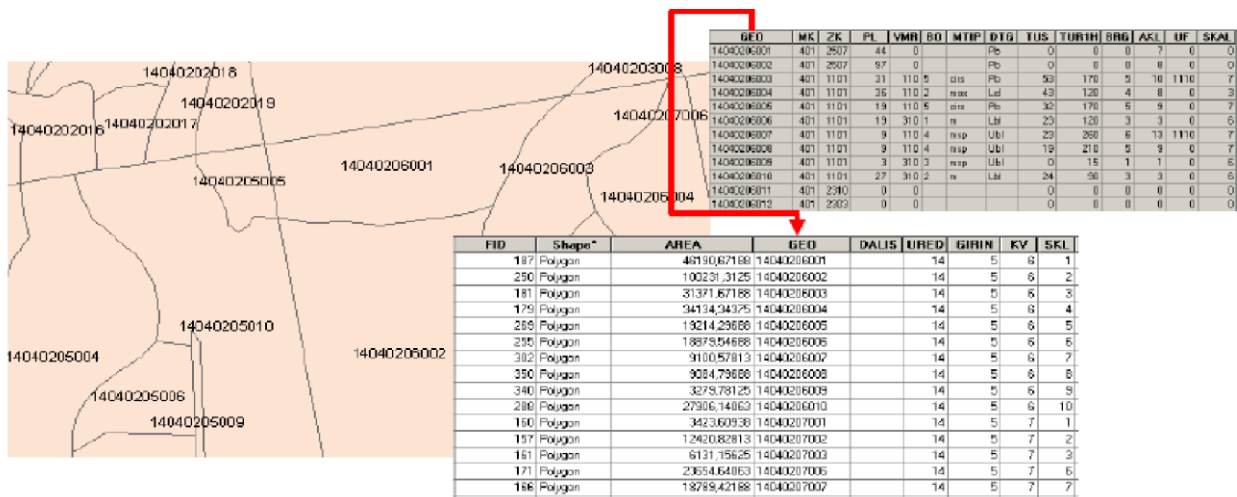


**1.3.6 pav.** TIN duomenų modelis

Realaus pasaulio reiškiniai ir objektai pagal nustatytus geometrijos ir kokybės parametrus transformuojami į duomenų modelius ir perduodami į duomenų bazes, kuriose duomenis galima apdoroti, analizuoti ir pateikti atitinkama forma.

#### *Lentelių duomenys*

GIS pagrindinis privalumas – galima susieti grafinę vietovės informaciją su duomenų baze, kurioje galioja įvairios geometrijos taisyklės. Kaip ir kitose duomenų bazėse, ArcGIS galima duomenų lenteles sujungti bendrai analizei. Bet kuri duomenų lentelė gali būti prijungta prie esamos objektų klasės arba rastrinio duomenų rinkinio, jei yra bendras abiem atvejais atributas (1.3.7.pav.).



1.3.7pav. Duomenų lentelės turinčios bendrus objektų klasių laukus

### Elementų duomenų formatai

ArcGIS naudojamas failais pagrįstas elementų modelis bei duomenų bazių valdymo sistemų (DBVS) elementų modelis – georeliacinis duomenų modelis, kurį sudaro sluoksniai ir „shape“ failai. Čia yra kaupiamas elementų duomenų vektorinis komponentas binariniuose failuose ir naudojami unikalūs identifikatoriai elementams sujungti su jų atributais, kaupiamais kaip elementų atributų lentelės kituose failuose.

DBVS – tai ArcGIS naudojamas geoduomenų bazių modelis. Jame elementai yra kaupiami kaip reliacinės duomenų bazės lentelės eilutės (įrašai). Vienoje tokios lentelės eilutėje kaupiamos tiek elemento koordinatės, tiek jo atributų duomenys (Rumšas 1999).

### Sluoksniai

Sluoksniai paprastai yra naudojami, jei norima atlikti sudėtingą geografinių duomenų analizę, sudarant aukštos kokybės geografinių duomenų bazes. Sluoksniuose kaupiami pirminiai, sudėtiniai ir mišrūs elementų tipai. Pirminiai elementai sluoksniuose yra taškai, atkarpos ir poligonai. Sudėtiniai elementai – maršrutai ir regionai – yra suformuojami iš pirminių elementų tipų. Sluoksniuose taip pat gali būti kaupiami antriniai elementai: sluoksnio geografinės atramos taškai (tics), sąsajos (links) ir anotacijos. Pirmieji du neperteikia geografinių objektų, tačiau jie yra naudojami sluoksniams valdyti. Anotacijos yra naudojamos žemėlapyje pateikti tekstą apie geografinius elementus. Geoduomenų bazės elementų klasės gali būti kaupiamos vieningai, t.y. neišskaidytai į pvz. atskirus sluoksnius (ESRI 1992).

Šalia tokių bazių elementų, kaip taškai, linijos ir plotai, galima sukurti vartotojo elementus, tokius kaip: transformatorinės, vamzdžiai, miško sklypai ir pan. Kad geriau pavaizduoti realaus pasaulio objektus, vartotojo sukurtiems elementams gali būti nusakyta specifinė elgsena. Tokia

elgsena gali būti naudojama atliekant sudėtingą tinklų modeliavimą, duomenų įvedimo kontrolę, palengvinti patį įvedimo procesą (Rumšas 1999).

### *Geoduomenų bazių elementai*

Kadangi vartotojas pats gali kurti elementus, galimų elementų klasių skaičius yra neribotas. Pirminiai geometriniai elementai geoduomenų bazių klasėms yra taškai, multi-taškai, tinklo jungtys, linijos, tinklo briaunos ir poligonai.

Visos taškų, linijų ir poligonų klasės gali:

1. Būti sudėtinės (kaip multi-taškai shape failuose ar regionai sluoksniuose);
2. Turėti  $x,y$ ;  $x,y,z$  ir  $x,y,z,m$  koordinates ( $m$  koordinatė reiškia atstumą iki ko nors);
3. Būti sukauptos kaip tolydus sluoksnis, o ne suskaidytas atskirais „nomenklatūriniais lapais“.

Taškai bei multi-taškai geoduomenų bazėse kaupiami panašiai kaip ir atitinkami elementų tipai shape failuose. Standartiniai taškiniai elementai gali, pavyzdžiui, atstovauti pastatų padėtį mieste. Vartotojo sukurti taškiniai elementai taip pat gali atstovauti pastatus, tačiau juose gali būti realizuota sąsaja, įgalinanti pateikti savininkų sąrašą, plotą, nustatytą pastato vertę, parodyti jo nuotrauką ar vidaus patalpų schemą.

Tinklo mazgų elementai (network junction features) yra taškai, vaidinantys svarbų topologinį vaidmenį tinkle, panašiai kaip mazgai sluoksniuose. Būna paprasti ir sudėtiniai tinklo mazgų elementai. Paprastas mazgo elementas gali vaizduoti dviejų vamzdžių sujungimo įtaisą. Tokiam elementui gali būti iš anksto nustatytos sąlygos – pavyzdžiui, jis gali sujungti tik tam tikro skersmens vamzdžius, pagamintus tik iš nusakytų medžiagų. Sudėtiniai mazgų elementai vaidina daug sudėtingesnę vaidmenį tinklo formavime. Jie gali turėti vidines dalis, reikšmingas loginiu ir tipologiniu požiūriais didesniame tinkle.

Linijiniai elementai gali būti suformuoti iš trijų rūšių segmentų: linijinių segmentų, apskritimo lankų bei Bezier kreivių (MELGIS instrukcija 2005). Linijos gali būti naudojamos perteikti tokiems linijiniams geografiniams elementams, kaip keliai ar reljefo izolinijos. Vartotojas linijiniams elementams gali nusakyti jų išpiešimo ypatumus, kaip pavyzdžiui linijos gali būti generalizuojamos mažinant atvaizdavimo mastelį arba anotacijos automatiškai rašomos išilgai linijos.

Plotai atvaizduojami naudojant poligonų elementus. Jų ribos gali būti suformuotos iš linijinių segmentų, apskritimo lankų bei Bézier kreivių – t.y. naudojama ta pati geometrija kaip ir išreikšti linijoms. Poligonai gali būti paprastos uždaros figūros, jie gali atitrūkusias dalis. Poligonų elementai savyje gali turėti kitus poligonų elementus kaip salas. Poligonų elementai gali būti naudojami pavaizduoti tokius geografinius elementus kaip pastatai, administraciniai rajonai, miško sklypai. Kaip ir kitiems geoduomenų bazės elementams, poligonams gali būti suteikta tam tikra elgsena bei

sąsajos ypatumai. Pavyzdžiui, pastato poligonas gali būti pavaizduotas pateikiant pilną vidaus patalpų vaizdą vienu masteliu, tik jo kontūrus kitu masteliu bei pažymimas tašku, kai mastelis smulkiausias. Vartotojas gali sukurti jam patinkančią sąsaja atributų redagavimui, peržiūrai ir pan. (Rumšas 1999).

### *Geoduomenų bazės topologija*

Geoduomenų bazės topologija įgalina atvaizduoti bendrą tos pačios elementų klasės bei skirtingų klasių elementų geometriją. Elementai geoduomenų bazėje gali būti organizuojami sukuriant plokščiąją topologiją bei geometrinius tinklus.



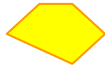
Pirmuoju atveju viena elementų klasė gali turėti bendrą geometriją su kita elementų klase. Pavyzdžiui, galima nusakyti topologinius ryšius tarp miesto gatvių, gyvenamųjų namų blokų, miesto dalių, seniūnijų. Gatvė kartu gali nusakyti miesto dalies ribą, keletas miesto dalių formuoja seniūniją ir pan.

Plokščioji topologija sudaryta iš mazgų, briaunų bei paviršių (face). Jei keičiama vieno elemento riba, automatiškai kinta kitų elementų bendros ribos. Topologiškai susieti duomenų rinkinio briaunų ir mazgų elementai gali būti sujungiami į geometrinių tinklą. – tai naudinga tuo atveju, kai elementai turi jungtis vienas su kitu be tarpų, pavyzdžiui, taip galima organizuoti vamzdžius, vožtuvus, siurblius, hidrantus į geometrinių vandentiekio tinklą (MELGIS instrukcija 2005).

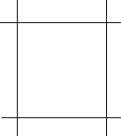


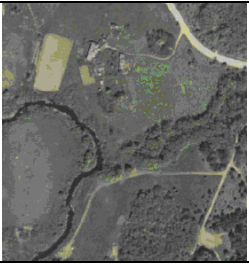
### *Susiejimui naudojamų duomenų šaltiniai ir jų formatai*

Skaitmeninių rastrinių duomenų susiejimui su valstybine LKS 94 metų koordinatų sistema naudojami keli pagalbiniai duomenų šaltiniai. Pagalbiniai duomenys padeda sukurti realų vietovės vaizdą. Naudojantis pagalbinių šaltinių atributiniais duomenimis, orientacija programinės įrangos aplinkoje tampa lengvesnė ir suprantamesnė. Pagalbiniai duomenys nurodyti lentelėje (2.1 lentelė):

**2.1 lentelė.** Pagalbinių šaltinių duomenų lentelė

<b>Duomenų šaltinio (sluoksnio) pavadinimas</b>	<b>Sluoksnio topologija</b>	<b>Sluoksnio formatas</b>	<b>Sluoksnio apibūdinimas</b>
Hidro_1		Linijinis „shape“ formatas	LR teritorijoje esančių upių tinklas. Tai ašinės upių, upelių, kanalų linijos.
Keliai		Linijinis „shape“ formatas	LR teritorijoje esančių kelių tinklas. Tai ašinės kelių ir gatvių linijos: gatvių, greitkelių, kelių su danga, kelių su danga be kieto pagrindo.
Gyv_viet		Poligoninis „shape“ formatas	LR esančių gyvenviečių tinklas. Saugoma informacija apie vietovių pavadinimus: miestai, miesteliai, kaimai.

2.1 lentelės tęsinys: Pagalbinių šaltinių duomenų lentelė

Duomenų šaltinio (sluoksni) pavadinimas	Sluoksni topologija	Sluoksni formatas	Sluoksni apibūdinimas
LKS-94		Poligoninis „shape“ formatas	LKS-94 koordinacių sistemos nomenklaturā
Melior_p		Poligoninis „shape“ formatas	Kadastrinės vietovės melioracijos projektų ribos pagal projektų numerius ir metus
Kadastr_r		Poligoninis „shape“ formatas	Savivaldybėje esančių kadastrinių vietovių ribos.
Ortofotografiniai žemėlapiai		Plotinis sluoksni (rastrai) *.tiff formatu	Lietuvos teritorijos suskirstymas ortofoto nuotraukų lapais pagal koordinacių sistemos nomenklaturā.

*Ortofotografiniai žemėlapiai.* Lietuvos skaitmeninis ortofotografinis M 1:10000 žemėlapis ORT10LT yra sudarytas 2005-2006 metų aeronuotraukos pagrindu ir apima visā Lietuvos teritorijā. ORT10LT – tai kartografinis pagrindas naudojamas skaitmeniniams rastriniams duomenims susieti su valstybine LKS 94 metų koordinacių sistema. ORT10LT duomenys yra pritaikyti LKS 94 koordinacių sistemai. ORT10LT duomenų skiriamoji geba yra 0.5 m. Ortofotografiniai žemėlapiai analoginėje arba skaitmeninėje formoje naudojami įvairiose gyvenimo srityse. Skaitmeniniai ortofotografiniai žemėlapiai gali būti sėkmingai integruoti į geografines informacines sistemas arba panaudoti kaip kartografinis pagrindas jų kūrimui. Programinės įrangos ArcGIS aplinkoje skaitmeniniai ortofotografinio žemėlapio ORT10LT duomenys yra pagrindas rastrinei medžiagai susieti su LKS 94 koordinacių sistema. Tiriant Lietuvos teritorijos M1:10000 mastelio ortofotografinio žemėlapio tikslumą, rastos iki 2,5 m (0,25 mm žemėlapyje) aiškių kontūrų padėties vidutinės kvadratinės paklaidos (Sužiedelytė – Visockienė J. 2004; [www.agi.lt](http://www.agi.lt); [www.vgtu.lt](http://www.vgtu.lt)).

*„Shape“ formato duomenys.* Be ortofotografinių žemėlapių yra ir kitų pagalbinių šaltinių: upių ir kelių tinklas; gyvenamųjų vietovių, kadastrinių vietovių, melioracijos projektų ribų tinklas. Jie skirti greitesniam ir tikslesniam orientavimuisi programinės įrangos aplinkoje. Visi šie duomenys yra valstybinėje LKS 94 metų koordinacių sistemoje ir turi savo atributinius duomenis. Shape failų privalumas yra toks, jog juose galima saugoti didžiulį elementų kiekį ir šie failai yra mažiausias failo tipas pagal jų saugojimui reikalingą fizinės atminties kiekį. Naudojami shape failo

atributiniai duomenys saugomi atskiroje \*.dbf lentelėje. Jie yra kompaktiški ir paprastai juos galima nukopijuoti, perkelti ar persiųsti vos per kelias sekundes. Kiekvienas shape failas gali būti taško, linijos ar poligono failas ir yra visiškai nepriklausomas nuo kitų shape failų. Kadangi neįmanoma nurodyti sąryšio tarp dviejų skirtingų shape failų, tai failuose visiškai nėra topologinių taisyklių, todėl poligonai gali persidengti, o linijos kirstis bet kaip.

*Rastrinių geoduomenų formatai – TIFF.* Skenuotam vaizdui išsaugoti labai svarbu parinkti tinkamą formatą. Bylos išsaugojimo formato parinkimą lemia numatomos skenuoto vaizdo paskirtis bei grafinės programos, kuria toliau bus apdorojamas vaizdas, ypatybės. Geriausia skenuotą vaizdą išsaugoti Tagged Image File Format (TIFF) formatu, šiuo formatu išsaugotos bylos yra gana didelės. Jei skenuotas vaizdas nebūtinai turi būti aukštos kokybės, jį galima išsaugoti kitais formatais tačiau prarandant dalį informacijos ([www.agi.lt](http://www.agi.lt)).

Taigi, šiame skyriuje buvo analizuojamos ir išskirtos (šiuo metu taikomos melioracijos projektų susiejimo metodikos) problemos:

- ✓ Nėra išpildomųjų nuotraukų;
- ✓ Projektiniai planai atlikti sąlyginėje arba vietinėje koordinacių sistemoje;
- ✓ Nėra valstybinio koordinacių tinklelio;
- ✓ Informacija planuose yra pasenusi ir vietomis neatitinka tikrovės;
- ✓ Analoginiai planai būna fiziškai nusidėvėję ir deformuoti.

Taip pat šiame skyriuje išanalizuota su šiuo metu taikoma susiejimo metodika susijusi literatūra. Literatūros apžvalgos metu apžvelgti plačiai naudojami su melioracijos projektais susiję terminai, aprašyta šiuo metu taikoma susiejimo metodika – kaip ją aprašo įstatymai ir taisyklės, nustatyta, kad susiejimo paklaida negali viršyti 5 metrų. Taip pat nustatyta, kad melioracijos projektus susieti galima naudoti ArcGIS programinę įrangą.

Kadangi buvo nustatyta, kad susiejimo darbams galima naudoti ArcGIS programinę įrangą toliau šiame skyriuje buvo analizuojamas analoginių žemėlapių skaitmenizavimo procesas, GIS veikimo principai ir ypatumai.

## 2. MELIORACIJOS PROJEKTO SUSIEJIMO SU LKS 94 KOORDINAČIŲ SISTEMA ARCGIS PROGRAMINE ĮRANGA METODIKA

Kaip jau buvo minėta pirmame skyriuje, melioracijos planinės projektinės medžiagos projektai gali būti susiejami su LKS 94 koordinačių sistema kameraliai naudojant ortofotografinius skaitmeninius žemėlapius. Šiuo atveju reikia nustatyti tuos pačius taškus melioracijos projekto plane ir ortofotografiniame žemėlapyje. Didesnis taškų skaičius leidžia pasiekti didesnę susiejimo su koordinačių sistema LKS 94 tikslumą. Darbui naudojama ArcInfo, ArcGIS 9 (ir naujesnės versijos) (Valstybės žinios Nr.I-323 1993).

Skenuotos melioracijos projektinės planinės medžiagos susiejimo su LKS 94 metų koordinačių sistema *pagrindiniai darbų etapai yra tokie:*

- ✓ Paruošiamasis darbų etapas;
- ✓ Melioracijos susiejimo su LKS-94 koordinačių sistema būdai;
- ✓ Baigiamasis darbų etapas.

Šio skyriaus tikslas yra pateikti šiuo metu plačiai taikomą susiejimo metodiką ir atlikti melioracijos projekto, esančio Utenos rajone Jotaučių kadastrinėje vietovėje, susiejimą. Susiejimo darbų etapai aprašomi 2.1.-2.3. poskyriuose.

### 2.1. PARUOŠIAMASIS DARBŲ ETAPAS

Kad būtų galima tinkamai atlikti melioracijos projektinės medžiagos susiejimą, reikia atlikti keleta *paruošiamųjų darbų:*

- ✓ Melioracijos planinės projektinės medžiagos paruošimas;
- ✓ Darbinės aplinkos paruošimas.

*Melioracijos planinės projektinės medžiagos paruošimą apima:*

- ✓ Melioracijos projektinės medžiagos nuskaitymas ir „išvalymas“;
- ✓ Darbinės aplinkos paruošimas.

Duomenų surinkimas vykdomas nuosekliai nuskaitant visus esamus melioracijos sistemų projektus (statybos ir rekonstrukcijos) skaitytuvu. Praktika parodė, kad mažiausias projektinės dokumentacijos vienetas, nuo kurio reiktų pradėti MelGIS, yra kadastrinė vietovė (Paršeliūnas

2001). Kadastrinėje vietovėje yra iki keliasdešimt melioracijos planų ar rekonstrukcijų planų. Nuskaityti vaizdai (rastrai) grupuojami pagal kadastrines vietas t.y. mažiausią projektinės dokumentacijos vienetą.

Rastrinis modelis yra naudojamas perteikti vaizdus ir geografinėms matricoms (MELGIS instrukcija 2005). *Matrica* – tai vaizdas sudarytas iš ląstelių. Kuo ląstelės dydis mažesnis, tuo didesnė skiriamoji geba. Mažinant ląstelių dydį, gerinama vaizdo kokybė, tačiau didėja rinkmenos apimtys, į kurias įrašoma informacija. Todėl melioracijos analoginiai planai nuskaitomi, taip sudarant rastrinį duomenų modelį, pasirenkant, palyginti, nedidelę rezoliuciją - 300 pikselių/colyje ir *Bitmap* (taškinė grafika) formatą. Tai būtų nepakankama žemėlapiui, tačiau optimali melioracijos planui. Nuskaityti planai išsaugomi grafinėje rinkmenoje su priedvardžiu *TIF*. Taigi tokie nuskaityti planai yra neturi jokios žinomos koordinatų sistemos, kadangi skenavimo metu skenuotas melioracijos rastras įgauna sąlygines skaitytuvo koordinatų sistemą. Skenuota melioracijos medžiaga nėra tinkamai orientuota, todėl plačiai taikoma melioracijos projektų susiejimo metodika ArcGIS programinės įrangos aplinkoje.

Nuskaitytas projektas dar yra netinkamas susieti su koordinatų sistema LKS-94. Kadangi jame yra daug nereikalingos grafinės informacijos, tokios kaip pvz.: vietovės schema, šiaurės krypties rodyklė, atspaudai, informacinės lentelės, sutartiniai ženklai. Tokia informacija yra visai nereikalinga ir net trukdys juos analizuojant, mažins planų aiškumą vėlesniuose vektorizavimo darbuose, todėl ji kruopščiai, nepažeidžiant projektui būtinos informacijos, turi būti pašalinta. Nemaža dalis projektinės medžiagos yra sudaryta iš kelių lapų. Esant galimybei tokius lapus reikia sujungti į vieną planą. Visi minėti darbai, pagal nustatytas instrukcijas, atliekami *Adobe Photoshop* ar *InfranView* profesionalia skaitmeninių vaizdų pateikimo bei koregavimo programa. Atlikus projekto valymą (2.1.1pav) nuo nereikalingos informacijos, būtina projektą išsaugoti *\*.tif* formatu.



**2.1.1pav.** Nuskaitytas rastras paruoštas koordinacių suteikimui

Taigi dar vienas iš paruošiamųjų darbų būtų darbinės aplinkos paruošimas. Duomenys, kurie reikalingi vykdomo projekto įgyvendinimui, gali būti kaupiami skirtingose vietose bei skirtingu formatu. Norėdami šiuos duomenis patogiai naudoti, pirmiausia reikia juos sukaupti į reikiamą darbo sritį ir vieningoje koordinacių sistemoje.

Kaip anksčiau jau buvo minėta, susiejimo pagrindui naudojami ortofotografiniai žemėlapiai ORTIOLT M1:10000 ir pagalbinių šaltinių: \*.shp failai (hidro\_l; kad\_riba; gyv\_viet, sde\_pag\_keliai\_gen). Toks pagrindas (2.1.2pav) ne tik leidžia geriau orientuotis vietovėje, bet taip pat leidžia kontroliuoti nuskaityto vaizdo geodezinį susiejimą ir išvengti grubių klaidų susiejimo metu.



**2.1.2pav.** Ortofotografinis žemėlapis ir pagalbiniai sluoksniai

## 2.2. TAIKOMI PROJEKGINĖS MEDŽIAGOS SUSIEJIMO SU LKS-94 KOORDINAČIŲ SISTEMA BŪDAI

*Nuskaitytos projektinės medžiagos susiejimas su LKS-94 koordinacių sistema susiejimo būdai:*

- ✓ Vietovėje nustatant koordinates GPS imtuvu;
- ✓ Kameraliai siejant nuskaitytus melioracijos sistemų projektus:
  - Susiejant projektus pagal charakteringus vietovės objektus;
  - Susiejant projektus pagal koordinatinį tinklą.

Pirmuoju būdu analizuojama vietovė, numatomi galimi susiejimo taškai, kuriuos galima identifikuoti vietovėje ir melioracijos projekte. Vėliau naudojamas GPS imtuvas, kuriuo vietovėje matuojamos pasirinktų taškų koordinatės LKS-94 koordinacių sistemoje. Parenkama daugiau taškų, vėliau dalis jų yra atmetami kaip netinkami dėl nepakankamo tikslumo, jų identifikavimo

sudėtingumo melioracijos planuose ir vietovėje. Taip siekiama išvengti didelių liekamųjų paklaidų nuskaityto vaizdo susiejimo su LKS–94 koordinačių sistema.

Antruoju būdu naudojamas georeferencinis pagrindas ortofotografiniai žemėlapiai ORT10LT M1:10000 ir jau aprašytieji pagalbiniai \*.shp sluoksniai. Teoriškai ryšio taškų turi būti mažiausiai trys, bet praktika parodė, kad norint užtikrinti tikslų melioracijos projekto orientavimą vietovėje trijų taškų nepakanka.

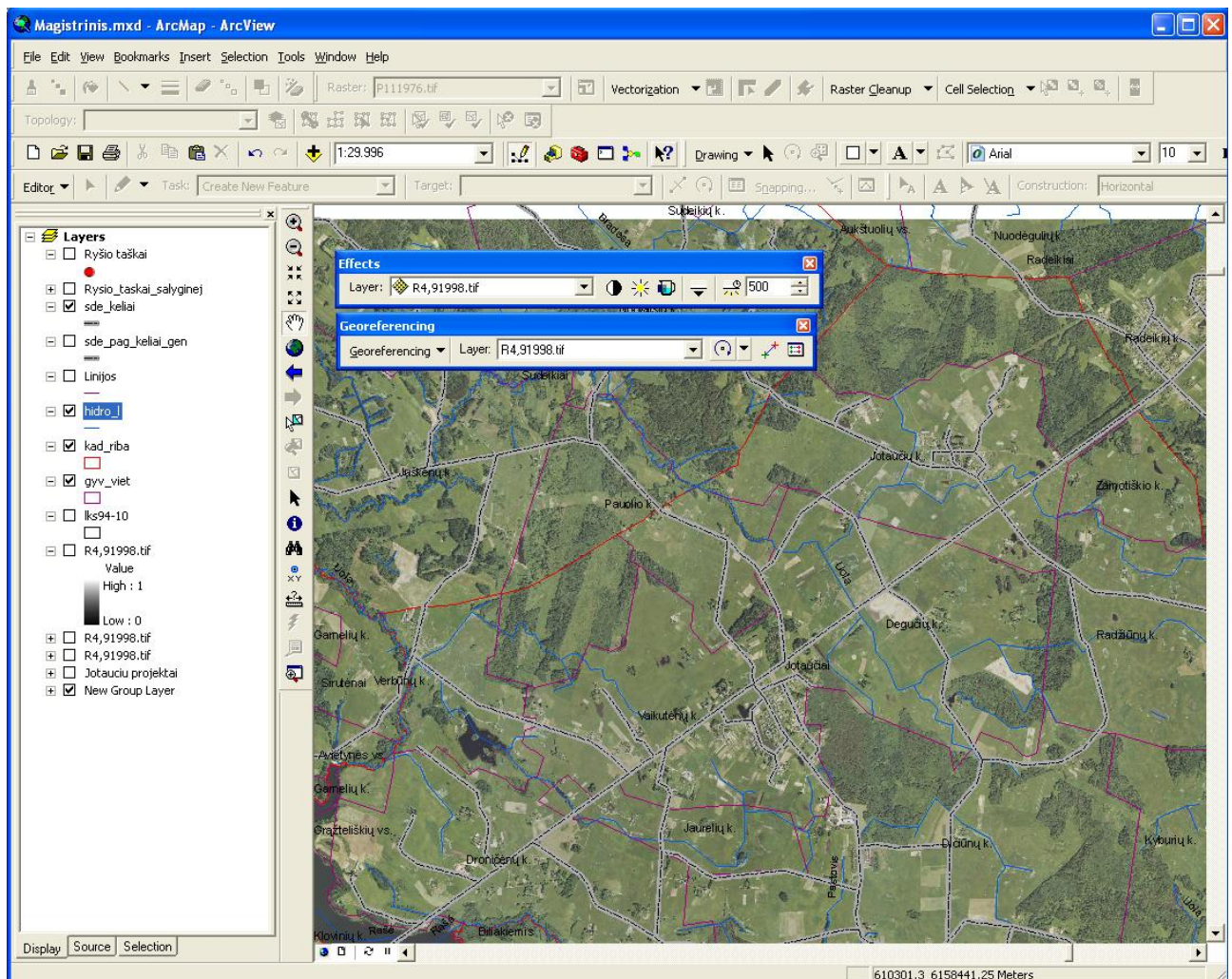
Naudoti pirmąjį būdą, t.y. nustatant koordinates vietovėje su GPS imtuvu, yra pakankamai sudėtinga dėl daugelio priežasčių. Didžioji žemės dalis, kuri driekiasi melioruoti plotai, yra privatizuota. Tai komplikuoja taškų koordinavimą vietovėje, kadangi nemaža dalis savininkų nenori leisti atlikti matavimų savo žemėse. Taip pat Lietuvoje nėra dėkingos oro sąlygos ir matavimai lauke galimi ne visais metų laikais, laiko atžvilgiu taip pat praktiškiau taikyti melioracijos projektų susiejimo metodą programinės įrangos pagalba.

Todėl toliau eksperimentinis tyrimas bus atliekamas taikant melioracijos projektų susiejimą kameraliai ArcGIS programine įranga.

### 2.3. NUSKAITYTOS PROJEKTINĖS MEDŽIAGOS SUSIEJIMO SU LKS-94 KOORDINAČIŲ SISTEMA TECHNOLOGIJA

Nuskaitytų melioracijos planų susiejimui naudojama programinė įranga *ArcView 3 versija su paprograme Smartimage v3.02* arba *ArcGIS 9*. Abi šios programinės įrangos veikia panašiai, todėl aptarsime tik vieną iš jų t.y. *ArcGIS 9* programinės įrangos panaudojimą.

*ArcGIS 9* programos pagrindiniame ArcMap lange suformuojamas projektas. Nusistatoma koordinačių sistema (Lietuvos koordinačių sistema LKS-94), sukeliama pagal nomenklatūrinius lapus reikalingi ortofotografiniai žemėlapiai GDB10LT, pagalbiniai sluoksniai, skenuoti ir susiejimui tinkami melioracijos projektai. Šiam darbui naudojamos *Georeferencing* (susiejimas) ir *Effects* įrankių juostos. Darbinė aplinka ArcMap aplinkoje paruošta susiejimui (2.3.1pav.).




### 2.3.1pav. Suformuota darbo aplinka

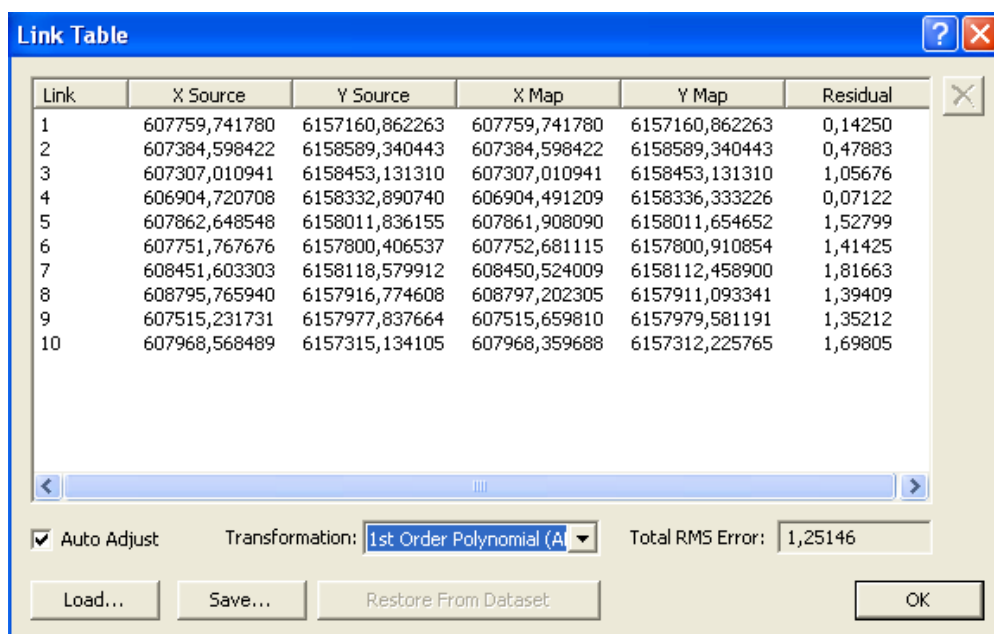
Siejant nuskaitytą melioracijos projektinę medžiagą su georeferenciniu pagrindu, labai svarbu rasti gerus, ryškius tvirtus objektus (ryšio taškus) (2.3.2. pav.), kurie laikui bėgant nekistų ir kuriuos galima būtų lengvai identifikuoti georeferenciniame pagrinde ir nuskaitytame melioracijos plane. Dažniausiai yra parenkamos kelių sankirtos, kelių ir melioracijos griovių sankirtos, išlikę statiniai (imamas, kuris nors geriau matomas statinio kampas), melioracijos statiniai ir pan. Nesant išlikusių galimų identifikuoti taškų georeferenciniame pagrinde bei plane, plano susiejimas su koordinacių sistema šiuo metodu praktiškai neįmanomas.



2.3.2 pav. Parinkti tvirti taškai nuskaityto rastro susiejimui su koordinacių sistema

Kuomet rastras paruoštas darbui, galima pradėti susiejimo veiksmus. Pirmiausia reikia rastrą susieti bent trimis (o geriausia keturiais) kontroliniais taškais – jungtimis, žyminčiais identiškus taškus abiejuose sluoksniuose (rastriniame vaizde ir ortofotografinėje nuotraukoje), kad galėtume susieti orientuojamą žemėlapi. *Georeferencing* įrankių juostoje pasirenkamas *Add Control Points* (Pridėti Kontrolinius Taškus) mygtukas. Tuomet randamas projekto vietos atitikmuo ortofotografinėje nuotraukoje, padidinamas vaizdas ir mygtuko  pagalba sutapatinamas kursorius su aiškiai matomu objektu skenuotame vaizde ir spaudžiamas kairys pelės klavišas, taip įvedamas žalias kontrolinis taškas. Traukiant kursorių į šalį nepaspaudus antrą kartą, nuo kontrolinio taško tęsiasi linija, jungianti tašką su kursoriumi – sąsaja, tuomet sutapatinus kursorių su identišku objektu, ortofotografinėje nuotraukoje ir paspaudus pelės kairįjį klavišą antrą kartą, įvedamas antras sąsajos galas. Skaitmeninis vaizdas pastumiamas taip, kad kontrolinio taško vietoje identiškai kontūrai sutaptų, tačiau sutampa ne visi kontūrai, todėl reikia įvesti daugiau sąsajų, kad sutaptų likę identiški taškai (Kumetaitienė, Stanionis 2008; ESRI 1992)

Tokiu būdu nekoordinuotam skaitmeniniam melioracijos projektui suteikiamos koordinatės. Informaciją apie įvestu ryšius matoma lentelėje *Link Table* (2.3.3pav.), kurioje kontroliuojamos susiejimo paklaidos.



Link	X Source	Y Source	X Map	Y Map	Residual
1	607759,741780	6157160,862263	607759,741780	6157160,862263	0,14250
2	607384,598422	6158589,340443	607384,598422	6158589,340443	0,47883
3	607307,010941	6158453,131310	607307,010941	6158453,131310	1,05676
4	606904,720708	6158332,890740	606904,491209	6158336,333226	0,07122
5	607862,648548	6158011,836155	607861,908090	6158011,654652	1,52799
6	607751,767676	6157800,406537	607752,681115	6157800,910854	1,41425
7	608451,603303	6158118,579912	608450,524009	6158112,458900	1,81663
8	608795,765940	6157916,774608	608797,202305	6157911,093341	1,39409
9	607515,231731	6157977,837664	607515,659810	6157979,581191	1,35212
10	607968,568489	6157315,134105	607968,359688	6157312,225765	1,69805

Auto Adjust      Transformation: 1st Order Polynomial (A)      Total RMS Error: 1,25146  
 Load...      Save...      Restore From Dataset      OK

2.3.3pav. Paklaidų lentelė

Joje yra šeši stulpeliai, pirmame stulpelyje matomi taškų numeriai, antrame ir trečiame - taškų padėtis nuskaityto plano aprėpties atžvilgiu (koordinates nuskaityto plano X *XSource* ir *YSource*), penktame – taškų padėtis ortofotografinio žemėlapi atžvilgiu (*XMap*, *YMap*), paskutiniame duodamos paklaidos *Ressidual*. Kuo jos mažesnės, tuo tiksliau atliktas darbas. Šių paklaidų suma

pateikiama apatiniame dešiniame langelyje Bendra VK paklaida *Total RMS error*. Būtina atkreipti dėmesį į šią paklaidą, nes teoriškai ji turėtų būti kuo mažesnis (iki 0,5). Nuosekliai nurodant ryšio taškus, projektas orientuojamas vietovėje tol, kol grafinė padėtis vykdytojo manymu (atsižvelgiant ir į ryšių paklaidas) atsiduria tinkamoje vietoje (2.3.4 pav.).



2.3.4 pav. Skenuotas melioracijos projektas susietas su LKS-94 koordinatinių sistema

Tokiu būdu susiejamas nuskaitytas rastrinis melioracijos projektas su LKS-94 koordinatinių sistema, būtina išsaugoti projektus \*.tif (tai nuskaitytas projektas) ir \*.twf plėtiniais (šioje byloje yra saugoma informacija apie rastrinio projekto padėtį, t.y. saugoma kairio apatinio rastrinio kampo koordinatės ir dešinio viršutinio).

#### *Transformavimo būdai*

Arc GIS 9, ArcWiev 3 versija su paprograme Smartimage v3.02 programinė įranga suteikia galimybę naudoti šiuos transformavimo būdus:

- ✓ *Helmerto*, afininis ir projektyvinis transformavimo metodas;

- ✓ *Nearst (Nearest Neighbor Assignment);*
- ✓ *Bilinear (Bilinear Interpolation);*
- ✓ *Cubic (Cubic Convolution) metodais.*

Transformavimo būdas yra parenkamas ištyrus nuskaityta melioracijos projektą. Didelės apimties ir deformuotiems projektams naudojami *Bilinear (Bilinear Interpolation)* ir *Cubic (Cubic Convolution)* metodai. Nedideliems ir mažiau deformuotiems objektams naudojami *Helmerto, Nearst (Nearest Neighbor Assignment)* transformavimo metodai.

#### 2.4. PAKLAIDOS

Kaip jau buvo minėta skenuotos melioracijos projektinės planinės medžiagos susiejimo tikslumą apibrėžia Valstybei nuosavybės teise priklausančių melioracijos statinių ir melioracijos sistemų naudojimo taisyklės: „Melioracijos planai gali būti susiejami su LKS-94 kameraliai naudojant ortofotografinius skaitmeninius žemėlapius. <...>Darbui naudojama ArcInfo, ArcGIS 9 (ir naujesnės versijos) arba SmartImage su ArcView programos. <...> Susiejimo paklaida negali viršyti 5 m“. Jeigu projektinei medžiagai susieti naudojami prietaisai, tai taisyklės nurodo, jog: „matavimai atliekami globalinės padėties nustatymo sistemos (toliau vadinama– GPS) prietaisais ir kitais matavimais <...> koordinačių nustatymo valstybinio geodezinio pagrindo punktų atžvilgiu vidutinė kvadratinė klaida turi neviršyti 0,1 metro“. Šiomis taisyklėmis remiantis, ir susietų objektų (su LKS 94 koordinačių sistema) tikslumo patikrai buvo atliekami matavimai. Išmatuoti charakteringi objektai esantys susietame melioracijos projekte ir vietovėje.

Susiejimo metu kontroliuojant paklaidas svarbu atkreipti dėmesį, kad ortofotografinis žemėlapis GDB10LT atliktas masteliu M1:10000 – jie jau turi 2 m paklaidą. Todėl melioracijos projektas laikomas tinkamai susietas, jei paklaida viršija trijų metrų tikslumo. Visi identifikuoti taškai, kurie viršija nustatytą paklaidą, yra ištrinami, kaip netinkami ir projekte ieškomi kiti taškai, geriau leisiantys susieti rastrinį planą su koordinačių sistema.

#### 2.5. APIBENDRINIMAS

Tai patogus metodas, leidžiantis suteikti analoginius planus LKS-94 koordinačių sistemoje, kuomet nėra galimybės taikyti tikslesnių metodų arba kuomet siekiama rezultate gauti susietą skaitmeninį rastrą (grafiniai duomenys), o ne pavienes perskaičiuotas koordinates. Žinoma yra ir šio metodo trūkumų – negalima taikyti šio metodo, kai nėra tvirtų taškų ar labai pasikeitusi vietovės situacija. Reikia atkreipti dėmesį, kad metodas taikytinas tais atvejais, kai nereikalingas preciziškas tikslumas. Koordinačių reikšmės yra nematuojamos vietovėje, transformavimas nėra visiškai

skaitmenizuotas ir tikslumas priklauso nuo subjektyvių vykdytojo veiksmų, patirties ir asmeninių savybių.

Šiame skyriuje aprašyta šiuo metu plačiai taikoma susiejimo metodika, atliktas melioracijos projekto susiejimas. Gautas projekto susiejimo tikslumo koeficientas yra 1,2546 – šis tikslumas atitinka šiai metodikai keliamus reikalavimus.

Atliekant melioracijos projekto susiejimą reikia atsižvelgti į tai, jog nurodant sąsajas tarp melioracijos projekto ir ortofotografinės nuotraukos, susiejimo tikslumą veikia grafinis tikslumas t.y. kelis kartus nurodant tas pačias sąsajas, priskiriamos vis kitos koordinatės. Remiantis šiuo argumentu susiejimo metodiką būtų galima patobulinti teoriniu koordinačių perskaičiavimo metodu, kuomet būtų sudaromos ryšio lygtis koordinačių perskaičiavimui, perskaičiuojamos parinktos koordinatės į valstybinę koordinačių sistemą ir atliekamas melioracijos projekto susiejimas naudojant jau perskaičiuotas koordinates.

### 3. SKAITMENINĖS KARTOGRAFINĖS MEDŽIAGOS TRANSFORMAVIMO ALGORITMAI IR YPATUMAI

Inžineriniuose geodeziniuose ir kartografiniuose darbuose labai svarbu naudoti ne tik naujausią geodezinę medžiagą, bet ir anksčiau sudarytus geodezinius tinklus, topografinius planus, žemėlapius. Dažnai pasitaiko, jog vienu metu topografinėje medžiagoje paliekamos kelios koordinacių sistemos (pavyzdžiui, gyvenvietėse topografiniai planai buvo sudaryti vietinėje koordinacių sistemoje, nesusiejant su valstybine koordinacių sistema). Vykdamas žemės reformą ir skaitmenizuojant senąją kartografinę medžiagą, vietinius geodezinius tinklus reikia perskaičiuoti į vieningą valstybinę koordinacių sistemą (Zakarevičius 1996).

*Digitalizuojant analoginę kartografinę medžiagą dažniausiai taikomi teoriniai perskaičiavimo metodai:*

- ✓ Tiesinis konforminis (Helmerto) koordinacių perskaičiavimo metodas;
- ✓ Afininis koordinacių perskaičiavimo metodas;
- ✓ Transformavimas baigtinių elementų metodu.

Lietuvos Respublikos Vyriausybės 1994 m rugsėjo 30d. nutarimu Lietuvoje įvesta valstybinė geodezinių koordinacių sistema (LKS 94). Šio skyriaus tikslas yra išnagrinėti dažniausiai taikomų teorinių koordinacių perskaičiavimo metodų, jų algoritmus ir ypatumus – visa tai šio skyriaus 3.1–3.3. poskyriuose.

#### 3.1. KONFORMINIS KOORDINAČIŲ PERSKAIČIAVIMO METODAS

Konformiškai perskaičiuojant *išlaikomas figūrų panašumas ir mastelis visomis kryptimis keičiamas vienodu koeficientu*. Šiuo atveju visi geobjektai išlieka originalių formų. Praktikoje dažnai taikomas konforminis (Helmerto) koordinacių perkėlimo (transformavimo) į vietovės koordinates metodas (Zakarevičius 1995).

Sakykime, kad iš vienos koordinacių sistemos, kurioje taškų stačiakampės koordinatės  $x'$ ,  $y'$ , reikia koordinates perskaičiuoti į kitą sistemą, kurioje tų pačių taškų koordinates pažymėsime  $x$ ,  $y$ . Ryšį tarp abiejų koordinacių sistemų galima išreikšti kompleksinio kintamojo funkcija:

$$x + iy = f(x' + iy'), \quad (3.1.1)$$

čia  $i = \sqrt{-1}$ .

Funkcija (3.1.1) išskleiskime Teiloro eilute. Taško, kurio aplinkoje funkciją skleidžiame eilute, koordinates abiejose sistemose pažymėsime  $x'_0, y'_0$  ir  $x_0, y_0$ . Tuomet iš (3.1.1) gausime:

$$x + iy = f(x'_0 + iy'_0) + \sum_{i=1}^n \frac{1}{n!} f^{(n)}(x'_0 + iy'_0) (\Delta x + i\Delta y)^n, \quad (3.1.2)$$

čia  $\Delta x = x' - x'_0$ ,  $\Delta y = y' - y'_0$ ,  $n$  – išvestinės eilė.

Įveskime pažymėjimus:

$$\frac{1}{n!} f^{(n)}(x'_0 + iy'_0) = K_{n1} + iK_{n2} \quad (3.1.3)$$

Taip pat, nustatydami funkcijos pavidalą, priimkime pradinę sąlygą, kad:

$$f(x'_0 + iy'_0) = x'_0 + iy'_0 \quad (3.1.4)$$

Tuomet, atsižvelgdami į (3.1.2) ir (3.1.3), iš (3.1.4) lygties paėmę tris pirmąsias išvestines, gausime:

$$x + iy = x_0 + iy_0 + (K_{11} + iK_{12})(\Delta x + i\Delta y) + (K_{21} + iK_{22})(\Delta x + i\Delta y)^2 + (K_{31} + iK_{32})(\Delta x + i\Delta y)^3 + \dots \quad (3.1.5)$$

Atlikę (3.1.5) lygtyje algebrinius veiksmus, atskyrę funkcijos realiąją ir kompleksinę dalis bei kompleksinę dalį padalinę iš kompleksinio vieneto  $i$ , gausime bendro pavidalo konforminio koordinačių perskaičiavimo formules:

$$x = x_0 + K_{11}\Delta x - K_{12}\Delta y + K_{21}(\Delta x^2 - \Delta y^2) - K_{22}(2\Delta x\Delta y) + K_{31}(\Delta x^3 - 3\Delta x\Delta y^2) - K_{32}(3\Delta x^2\Delta y - \Delta y^3) + \dots \quad (3.1.6)$$

$$y = y_0 + K_{11}\Delta y - K_{12}\Delta x + K_{21}(2\Delta x\Delta y) - K_{22}(\Delta x^2 - \Delta y^2) + K_{31}(3\Delta x^2\Delta y - \Delta y^3) - K_{32}(\Delta x^3 - 3\Delta x\Delta y^2) + \dots \quad (3.1.7)$$

Norint gauti darbo formules, reikia išskaičiuoti į (3.1.6), (3.1.7) lygtis įeinančius koeficientus  $K_{ij}$ . Šie koeficientai nustatomi mažiausių kvadratų metodu. Tam reikia turėti keletą taškų, kurių koordinatės žinomos abiejose koordinačių sistemose (Zakarevičius 1995).

#### *Pirmos eilės formulių taikymas koordinatėms perskaičiuoti*

Priėmę, kad 3.1.1 lygtyje tik pirmąją išvestinę, gausime konforminio transformavimo formules:

$$x = x_0 + K_{11}\Delta x - K_{12}\Delta y, \quad (3.1.8)$$

$$y = y_0 + K_{11}\Delta y - K_{12}\Delta x, \quad (3.1.9)$$

Kad būtų paprasčiau nustatyti transformavimo lygčių koeficientus, tašką, kurio aplinkoje skleidžiama (3.21) lygtis eilute, galima imti tokį, kurio koordinatės

$$x_0 = \frac{\sum x_i}{n}, y_0 = \frac{\sum y_i}{n} \quad (3.1.10)$$

$$x'_0 = \frac{\sum x'_i}{n}, y'_0 = \frac{\sum y'_i}{n} \quad (3.1.11)$$

čia  $n$ - taškų, kurių koordinatės žinomos abiejose sistemose, skaičius.

Priėmę (3.1.10) ir (3.1.11) sąlygas ir išsprendę uždavinį mažiausių kvadratų metodu, gauname, kad:

$$K_{11} = -\frac{\sum (x'_i - x'_0)(y_0 - y_i) + \sum (y'_i - y'_0)(x_0 - x_i)}{\sum (y'_i - y'_0)^2 + \sum (x'_i - x'_0)^2} = -\frac{A}{C} \quad (3.1.12)$$

$$K_{12} = -\frac{\sum (x'_i - x'_0)(x_0 - x_i) + \sum (y'_i - y'_0)(y_0 - y_i)}{\sum (y'_i - y'_0)^2 + \sum (x'_i - x'_0)^2} = -\frac{B}{C} \quad (3.1.13)$$

Šios formulės tinka atvejui, kai visų taškų koordinatės yra vienodo tikslumo. Esant skirtingam atskirų taškų koordinatė tikslumui, skaičiuojant transformavimo lygčių koeficientus įvertinami koordinatė svoriai. Jeigu atitinkamų taškų svoriai vienoje sistemoje yra  $p'$ , o kitoje  $p$ , tai bendras sutapatinto taško svoris bus:

$$P = \frac{p'p}{p' + p}, \quad (3.1.14)$$

arba

$$P = \frac{c}{m'^2 + m^2}, \quad (3.1.15)$$

3.1.15 formulėje:  $c$ - pastovus dydis,  $m'$  ir  $m$ - koordinačių vidutinės kvadratinės klaidos. Įvertinę svorius, iš (3.1.14) ir (3.1.15) lygčių gausime,

$$x_0 = \frac{\overline{px}}{\overline{p}}, y_0 = \frac{\overline{py}}{\overline{p}} \quad (3.1.16)$$

$$x'_0 = \frac{\overline{p'x'}}{\overline{p'}}, y'_0 = \frac{\overline{p'y'}}{\overline{p'}} \quad (3.1.17)$$

$$K_{11} = \frac{\overline{pA}}{\overline{pC}}, K_{12} = \frac{\overline{pB}}{\overline{pC}} \quad (3.1.18)$$

Priėmę (3.1.2) lygtyje dvi pirmąsias išvestines, gautume antros eilės koordinačių perskaičiavimo formules. Tuomet (3.1.6), (3.1.7) formulėse liktų keturi koeficientai:  $K_{11}$ ,  $K_{12}$ ,  $K_{21}$ ,  $K_{22}$ . O jeigu įvertintume tris išvestines, koordinačių perskaičiavimą reikėtų atlikti pagal pilnas (3.1.6), (3.1.7) formules. Tuomet reikėtų prieš perskaičiavimą nustatyti visus šešis koeficientus  $K_{ij}$ .

Koordinačių perskaičiavimo tikslumas įvertinamas pagal transformuotų koordinačių nuokrypas nuo žinomų jų reikšmių:

$$m_x = \sqrt{\frac{P\delta_x^2}{n-2m}}, \quad (3.1.20)$$

$$m_y = \sqrt{\frac{P\delta_y^2}{n-2m}}, \quad (3.1.21)$$

čia  $\delta_x, \delta_y$  – koordinačių nuokrypos;  $n$ - taškų skaičius,  $m$ - koordinačių transformavimo formulių eilė ( $m=1, 2, 3$ ) (Zakarevičius 1995).

## 3.2. AFININIS KOORDINAČIŲ PERSKAIČIAVIMO METODAS

Afininis koordinačių perskaičiavimas – tai toks metodas, kai *mastelis abscisių ir ordinačių ašių kryptimis keičiamas nevienodai (kinta figūrų formos)*. Šis transformavimas taikomas sistemingai (afiniškai) pagal abscisių ir ordinačių ašis deformuotoms koordinatėms transformuoti. Afiniu transformavimu galima tokias deformacijas pašalinti ir sistemą gerai suderinti su naja nedeformuota koordinačių sistema (pvz. digitalizuojant afiniškai deformuotų žemėlapių lapų turinį).

Koordinačių transformavimo lygtys:

$$\begin{aligned} x &= x_0 - a_1x' - b_1y', \\ y &= y_0 - a_2y' + b_2x', \end{aligned} \quad (3.2.1)$$

čia  $x_0, y_0$  – transformuojamosios sistemos pradžios koordinatės naujoje sistemoje;  $a_1, b_1, a_2, b_2$  – transformavimo parametrai, kurie tarpusavyje skiriasi mastelio koeficientais.

Vienam identiškam taškui sudaromos dvi sąlyginės (3.2.1) lygtys. Išsprendus lygtis mažiausių kvadratų metodu randami transformavimo parametrai. Šešioms parametrų nustatyti reikia ne mažiau kaip trijų identiškų taškų, kurių koordinatės būtų žinomos abiejose koordinatinių sistemose.

Afiniškai transformuojant reikia daug skaičiuoti identiškų taškų liekamieji koordinatinių skirtumai  $v_x, v_y$  būna mažesni negu transformuojant konformiškai, todėl sunkiau įvertinti transformavimo kokybę (Tamutis 1992).

### 3.3. KOORDINAČIŲ PERSKAIČIAVIMAS BAIGTINIŲ ELEMENTŲ (FRAGMENTINIŲ) METODU

Koordinatinių perskaičiavimas baigtinių elementų metodu. Šio metodo privalumas - galimybė sumažinti senosios topografinės medžiagos netolygias neatitinkančias konformiškumo sąlygų deformacijas (Zakarevičius, Stankevičius 1999).

*Netolygioms deformacijoms sumažinti siūloma taikyti kartografinės medžiagos suskaidymo fragmentais metodiką.* Fragmentų viršūnės sudaromos ryšio taškuose. Parenkant fragmentų transformavimo parametrų apskaičiavimo metodą, reikia atsižvelgti į tai, kad sudarant miestų kartografinės informacijos duomenų bazes, naudojamos įvairios planšetės, kuriose yra ne tik netolygios deformacijos, bet ir skirtingos koordinatinių sistemų. Duomenų deformacijoms mažinti, fragmentuose siūloma taikyti tenzorinę analizę, panaudojant antrosios eilės tenzorius, kai deformacijų tenzoriai įvertinami baigtinių elementų metodu. *Tai leidžia:*

- ✓ Suskaidyti teritoriją į atskirus fragmentus;
- ✓ Sumažinti fragmentų deformacijas;
- ✓ Fragmentų sąsajos linijose gauti vienareikšmius duomenis;
- ✓ Atlikti transformavimą tarp skirtingų koordinatinių sistemų (Zakarevičius, Stankevičius 1999).

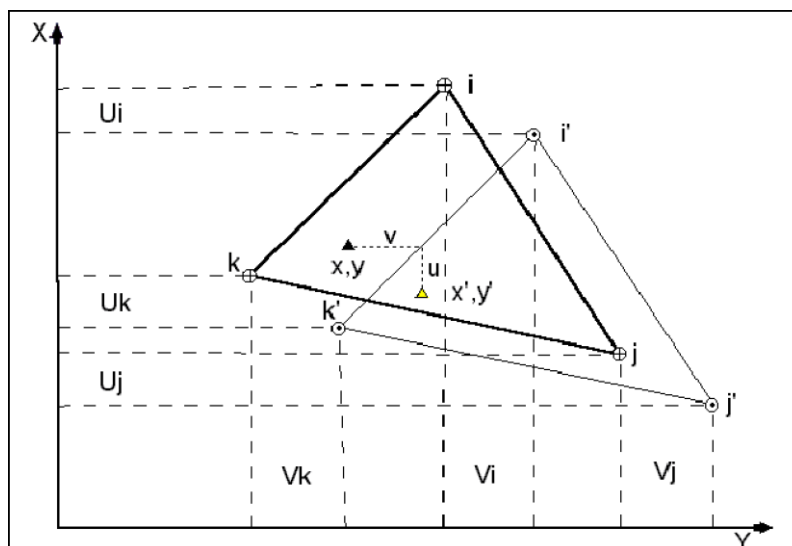
Paprastai inžineriniams darbams ir stambaus mastelio kartografavimui naudojamos konforminės kartografinės projekcijos. Taikant koordinatinių perskaičiavimui baigtinių elementų metodą, konformiškumo sąlyga persklaidoma, tai yra čia deformuojama perskaičiuojamo tinklo geometrija. Todėl gali kilti klausimų dėl šio metodo naudojimo metodologijos pagrįstumo. (Zakarevičius, Stankevičius 1999)

Baigtinių elementų metodas metodologiškai *pateisinamas tuo atveju, kai naujosios koordinatinių sistemų ryšio taškų koordinatės yra žymiai tikslesnės, negu perskaičiuojamo tinklo taškų koordinatės.* Tuomet pagrįstos yra perskaičiuojamojo tinklo geometrijos deformacijos (Zakarevičius, Stankevičius 1999).

Fragmentų transformavimo parametrų nustatymui taip pat galima naudoti konforminį koordinačių perskaičiavimą. Tačiau baigtinių elementų metodo privalumas yra tas, kad čia nėra trūkio linijų fragmentų sandūrose, tai yra pasiekiamas rezultatų vienareikšmiškumas sandūrų linijose. Antras privalumas yra tas, kad ryšio taškuose po perskaičiavimo *nėra liekamųjų paklaidų*. Tai yra, naudojant tokį koordinačių perskaičiavimą gaunamos mažesnės perskaičiuotų taškų koordinačių nuokrypos nuo tikrųjų reikšmių (Zakarevičius, Stankevičius 1999).

Baigtinių elementų metodu ryšio lygčių koeficientai nustatomi ne pagal absoliučias koordinačių reikšmes, o pagal taškų koordinačių arba atitinkančių koordinačių kombinacijų skirtumus. Tai yra šį metodą galima naudoti nustatant ryšį tarp skirtingų koordinačių sistemų. Todėl šį perskaičiavimo metodą darbe *siūloma plačiai taikyti kartografinės medžiagos, esančios įvairiose kartografinėse projekcijose, perskaičiavimui į vieną bendrą sistemą*. Jeigu pakanka digitalizuotų žemėlapių tikslumo, tai kartografinės medžiagos perskaičiavimą iš vienos sistemos į kitą galima atlikti net tuo atveju, kai nežinomos naudojamų žemėlapių kartografinės projekcijos, nėra žemėlapiuose koordinačių tinklų (Zakarevičius, Stankevičius 1999).

Atsižvelgiant į transformavimo algoritmų automatizavimo uždavinio specifiką ir siekiant, kad būtų įvykdyti ankščiau suformuluoti reikalavimai, laikoma, kad baigtiniai elementai yra trikampiai ir jie sutapatinami su fragmentinio transformavimo elementais. Deformacijų analizė ir jų dalinis eliminavimas transformavimo būdu atliekamas kiekviename trikampyje atskirai (3.3.1pav.) (Zakarevičius, Stankevičius 1999).



3.3.1 pav. Trikampių tinklo fragmentas

Trikampio viršūnių koordinatų nesutapimus, laikant, kad deformacijos trikampyje vienalytės, galima išreikšti lygtimis:

$$\left. \begin{aligned} u_i &= \alpha + e_{11}x_i + e_{12}y_i, \\ u_j &= \alpha + e_{11}x_j + e_{12}y_j, \\ u_k &= \alpha + e_{11}x_k + e_{12}y_k \\ \\ v_i &= \beta + e_{21}x_i + e_{22}y_i, \\ v_j &= \beta + e_{21}x_j + e_{22}y_j, \\ v_k &= \beta + e_{21}x_k + e_{22}y_k, \end{aligned} \right\} \quad (3.3.1)$$

čia  $u = x' - x, v = y' - y, (x, y)$  – senosios koordinatų sistemos stačiakampės koordinatės,  $(x', y')$  – naujosios koordinatų sistemos stačiakampės koordinatės (Zakarevičius, Stankevičius 1999).

Priimant, kad perskaičiuojamosios koordinatų sistemos reikšmės taškuose yra empirinės funkcijos reikšmės, o tos sistemos, į kurią perskaičiuojama, koordinatės yra funkcijos tikrosios reikšmės ir darant prielaidą, kad baigtinio elemento ribose empirinių reikšmių deformacijos tikrų atžvilgiu yra tolygios, tokias deformacijas galima aprašyti antrojo rango tenzoriumi. Jeigu koordinatų deformacijas išskirsime į dvi dalis: baigtinio elemento persistūmimų pagal koordinatų ašis ir nuosavas baigtinio elemento deformacijas, tai pastarąsias galima apibūdinti antrojo rango tenzoriumi. Koeficientai  $e_{ij}$  yra antros eilės deformacijų tenzoriaus elementai (Zakarevičius, Stankevičius 1999).

$$\|T\| = \left\| \begin{array}{cc} \frac{\partial u}{\partial x} & \frac{\partial u}{\partial y} \\ \frac{\partial v}{\partial x} & \frac{\partial v}{\partial y} \end{array} \right\| = \left\| \begin{array}{cc} e_{11} & e_{12} \\ e_{21} & e_{22} \end{array} \right\| \quad (3.3.2)$$

Deformacijų tenzoriaus (3.3.2) elementai  $e_{ij}$  ir koeficientai, apibendrinantys baigtinio elemento persistūmimą dėl koordinatų sistemų pradžios nesutapimų, apskaičiuojami iš formulių:

$$e_{ij} = \frac{D_{ij}}{D}, \quad (3.3.3)$$

$$\alpha = \frac{D_\alpha}{D}, \quad (3.3.4)$$

$$\beta = \frac{D_\beta}{D}, \quad (3.3.5)$$

čia determinantai:

$$D = \begin{vmatrix} 1 & x_i & y_i \\ 1 & x_j & y_j \\ 1 & x_k & y_k \end{vmatrix} \quad (3.3.6) \quad D_{11} = \begin{vmatrix} 1 & u_i & y_i \\ 1 & u_j & y_j \\ 1 & u_k & y_k \end{vmatrix} \quad (3.3.7) \quad D = \begin{vmatrix} 1 & x_i & y_i \\ 1 & x_j & y_j \\ 1 & x_k & y_k \end{vmatrix} \quad (3.3.8)$$

$$D_{21} = \begin{vmatrix} 1 & v_i & y_i \\ 1 & v_j & y_j \\ 1 & v_k & y_k \end{vmatrix} \quad (3.3.9) \quad D_{22} = \begin{vmatrix} 1 & x_i & v_i \\ 1 & x_j & v_j \\ 1 & x_k & v_k \end{vmatrix} \quad (3.3.10) \quad D_\alpha = \begin{vmatrix} u_i & x_i & y_i \\ u_j & x_j & y_j \\ u_k & x_k & y_k \end{vmatrix} \quad (3.3.11)$$

$$D_\beta = \begin{vmatrix} v_i & x_i & y_i \\ v_j & x_j & y_j \\ v_k & x_k & y_k \end{vmatrix} \quad (3.3.12)$$

Laikant, kad fragmento ribose deformacijos vienodos visomis kryptimis ir žinant  $\alpha, \beta, e_{ij}$  reikšmes, bet kokio taško su koordinatėmis  $x', y'$ , esančio fragmento ribose, koordinatinių pataisais senai sistemai perskaičiuoti į naująją, eliminuojant deformacijas, galima apskaičiuoti iš formulių:

$$u = \alpha + e_{11}x + e_{12}y, \quad (3.3.13)$$

$$v = \beta + e_{21}x + e_{22}y \quad (3.3.14)$$

Į (3.3.13) ir (3.3.14) formules įstačius reikšmes iš (3.3.3)-(3.3.12), išskleidus determinantus ir sutraukus panašius narius bei įvedus atitinkamus pažymėjimus, gaunamos formulės koordinatinių pataisoms apskaičiuoti. Koordinatinių pataisoms perskaičiuojamam taškui, išreikštos per trikampio viršūnes ir jų pataisais, bus:

$$u = \frac{1}{D} \left[ \bar{u}_i + b_i x + c_i y + \bar{u}_j + b_j x + c_j y + \bar{u}_k + b_k x + c_k y \right] \quad (3.3.15)$$

$$v = \frac{1}{D} \left[ \bar{v}_i + b_i x + c_i y + \bar{v}_j + b_j x + c_j y + \bar{v}_k + b_k x + c_k y \right] \quad (3.3.16)$$

Trikampio viršūnėse koordinatinių nuokrypos:

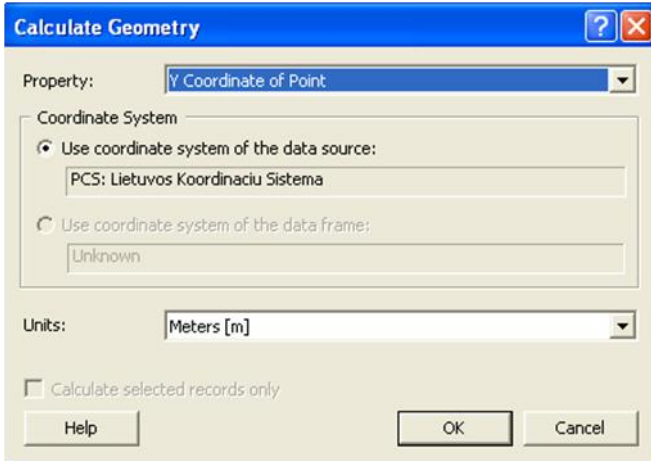
$$\left. \begin{aligned} u_i &= x'_i - x_i, \\ u_j &= x'_j - x_j, \\ u_k &= x'_k - x_k, \end{aligned} \right\} \quad (3.3.17) \quad \left. \begin{aligned} v_i &= y'_i - y_i, \\ v_j &= y'_j - y_j, \\ v_k &= y'_k - y_k, \end{aligned} \right\} \quad (3.3.18)$$

$$\left. \begin{aligned} a_i &= x_j y_k - x_k y_j, \\ a_j &= x_k y_i - x_i y_k, \\ a_k &= x_i y_j - x_j y_i, \end{aligned} \right\} \quad (3.3.19) \quad \left. \begin{aligned} b_i &= y_j - y_k, \\ b_j &= y_k - y_i, \\ b_k &= y_i - y_j, \end{aligned} \right\} \quad (3.3.20) \quad \left. \begin{aligned} c_i &= x_k - x_j, \\ c_j &= x_i - x_k, \\ c_k &= x_j - x_i, \end{aligned} \right\} \quad (3.3.21)$$

Kadangi (3.3.13) ir (3.3.14) priklausomybės yra tiesinės, tai gretimų fragmentų bendroje riboje, jungiančioje dvi gretimas trikampio viršūnes, koordinacių pataisos apskaičiuotos iš vieno ir kito trikampio ryšio lygčių bus tos pačios, tai yra bus išvengta nevienareikšmiškumo fragmentų sąsajoje. Šią savybę lemia tai, kad per du taškus galima išvesti tik vieną tiesę (Zakarevičius, Stankevičius 1999).

### 3.3. TRANSFORMAVIMO TECHNOLOGINĖ SCHEMA

Pasitelkiant sukauptas žinias sudaryta koordinacių transformavimo darbų technologinė schema, pagal kurią bus atliekamas šio darbo eksperimentinis tyrimas.

<i>Susiejimas programine įranga</i>	<i>ArcGIS</i>	<i>Baigtinių elementų metodas</i>	<i>Konforminio transformavimo metodas</i>
Skenuojamas melioracijos projektas			
Skenuotas projektas išvalomas nuo nereikalingos grafinės informacijos			
<p>Atliekamas melioracijos projekto susiejimas su LKS-94 koordinacių sistema ArcGIS programine įranga (žiūrėti 2skyrių)</p>	Ryšio taškų parinkimas melioracijos projekte ir ortofotografiniame žemėlapyje		
	Ryšio taškų sukūrimas ArcMap aplinkoje *.shp formatu		
	Ryšio taškų koordinacių automatinis generalizavimas		
			
	Ryšio taškų koordinacių ir jų tikslumo teorinis skaičiavimas		
Parinkta teritorija suskaidoma į trikampius		Perskaičiuojamos parinktų papildomų taškų koordinatės visam melioracijos projektui vienu metu	
Papildomų taškų nuskaitymas melioracijos projekte ir sąlyginių koordinacių skaičiavimas ArcMap programiu įrankiu			

	Rašomos ryšio lygtys baigtiniams elementams (trikampiams)
	Perskaičiuojamos koordinatės remiantis ryšio lygtimis, perskaičiuotomis koordinatėmis tikrinamos ryšio lygtys
Vertiname rezultatai	
	Atliekamas melioracijos projekto susiejimas pagal paskaičiuotas koordinates
Analizuojama gauta grafinė informacija	

*Skyriaus išvados:* išnagrinėjus dažniausiai taikomus koordinacių perskaičiavimo būdus, jų algoritmus, darau išvadą, kad iš nagrinėjamų būdų šiuo atveju aktualiausias yra baigtinių elementų metodas. *Šią išvadą darau remdamasi argumentais:*

- ✓ Šį metodą siūloma taikyti kartografinės medžiagos, esančios įvairiose kartografinėse projekcijose, perskaičiavimui į vieną bendrą sistemą;
- ✓ Naudojant šį metodą nėra trūkio linijų fragmentų sandūrose;
- ✓ Po koordinacių perskaičiavimo ryšio taškuose nėra liekamųjų paklaidų.

Atsižvelgiant į pateiktus argumentus, nuspręsta eksperimentiniame tyrime pritaikyti baigtinių elementų metodą, o tam, kad galėtume patvirtinti ar paneigti teoriškai išsakytą teiginį, jog, susiejant melioracijos projektą su LKS 94 koordinacių sistema, praktiškiau taikyti baigtinių elementų metodą, o ne konforminį metodą, bus atliekamas koordinacių perskaičiavimas ir konforminiu metodu.

#### 4. EKSPERIMENTINIS TYRIMAS IR JO OBJEKTAS

Šiame skyriuje bus atliekamas eksperimentinis tyrimas pasitelkiant aukščiau išdėstyta medžiaga: literatūros analize, transformavimo metodikų algoritmais ir susiejimo metodika. Remiantis 3 skyriaus išvada, šiame skyriuje bus atliekama: melioracijos projekto sąlyginės koordinatės bus perskaičiuojamos į valstybinę koordinačių sistemą pritaikant baigtinių elementų ir konforminių koordinačių perskaičiavimo metodus.

Šio skyriaus 4.1. poskyryje pateikiamas eksperimento tikslas ir sudaromas eksperimento eigos planas. 4.2 poskyryje atliekamas ryšio taškų koordinačių nustatymas ortofotografinėje nuotraukoje ir melioracijos projekte. 4.3 aprašomas baigtinių elementų metodui reikalingų trikampių sudarymas. 4.4 poskyryje atliekami eksperimentiniai skaičiavimai transformuojant sąlygines koordinates į LKS-94 koordinačių sistemą skirtingais metodais. 4.5 poskyryje atliekama gautų eksperimentinių rezultatų analizė.

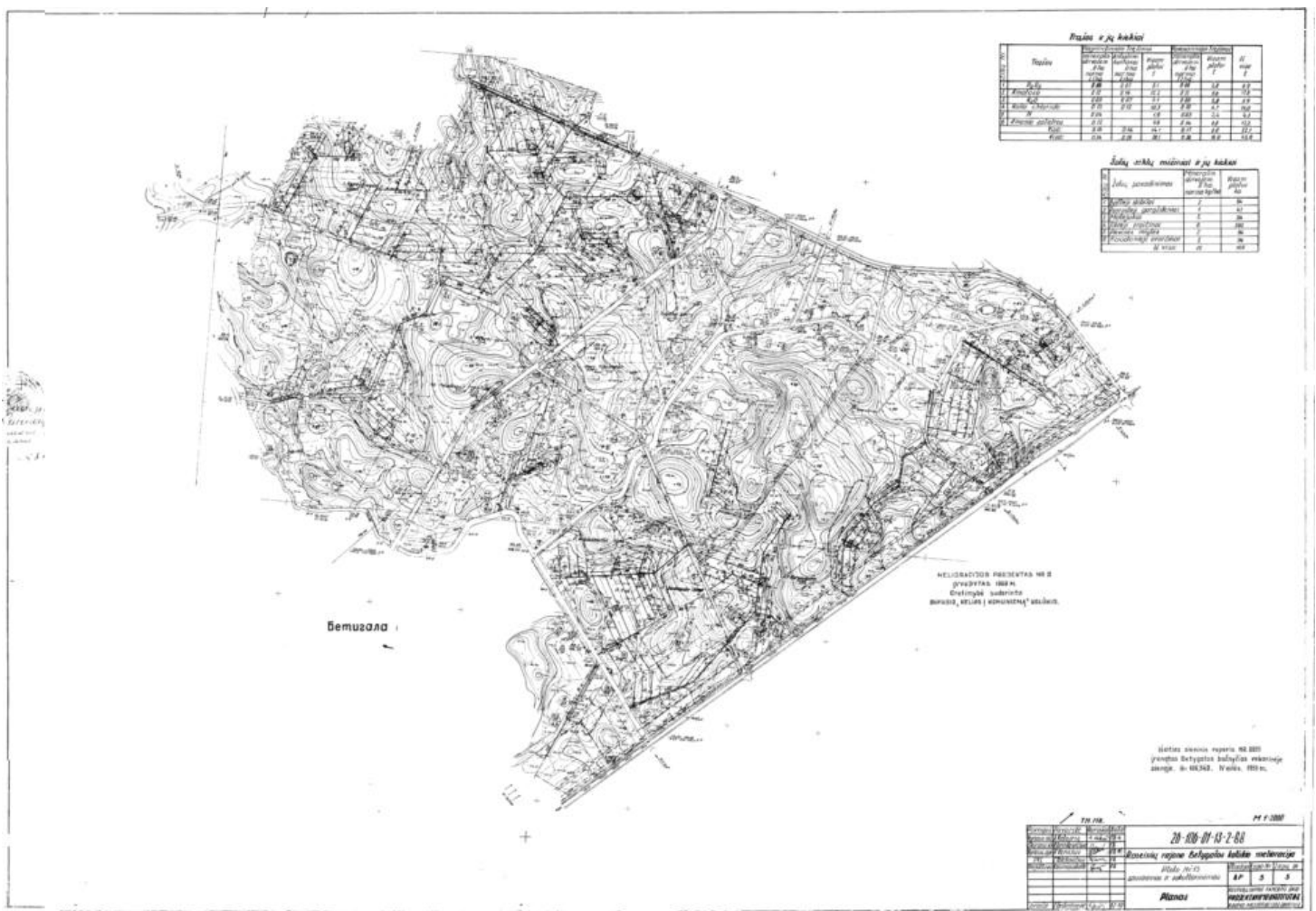
##### 4.1. EKSPERIMENTO TIKSLAS, PLANAS IR OBJEKTAS

Eksperimento tikslai – atlikti melioracijos projekto susiejimą pagal aukščiau išdėstyta metodiką, išbandyti teorinius koordinačių perskaičiavimo metodus, juos pritaikyti susiejant tą patį melioracijos projektą, palyginti gautus rezultatus. Norint pasiekti šių tikslų, *bus laikomasi tokio eksperimento plano:*

1. Analizuojamas projektas ir jį atitinkantis ortofotografinis žemėlapis parenkami ryšio taškai;
2. Melioracijos projekte nustatomi ryšio taškai, jų koordinatės sąlyginėje ir LKS-94 koordinačių sistemose;
3. Nustatomi ortofotografinėje nuotraukoje ryšio taškai ir jų koordinatės;
4. Apskaičiuojami ryšio lygčių koeficientai;
5. Nustatomos kitų taškų, kuriuos reikės perskaičiuoti nuskaitytame plane, sąlyginės koordinatės;
6. Perskaičiuojamos, taikant ryšio lygtis, koordinatės;
7. Eksperimento objektas susiejamas su LKS-94 koordinačių sistema naudojant transformuotas koordinates, kurios gautos taikant baigtinių elementų ir konforminių transformavimo metodus (naudojant *ArcGIS9.3* programine įranga);
8. Galutinis rezultatas palyginamas su rezultatais gautais taikant dabar naudojamą technologiją.

### *Ekspirmiento objektas*

Ekspirmentiniam tyrimui buvo pasirinktas Utenos rajono Jotaučių kadastro vietovės melioracijos rekonstrukcijos projektą R4,91998. Šis projektas parengtas M1:2000 masteliu (4.1.1pav.). Projekto koordinacių sistema nenustatyta. Melioracijos projektas buvo pasirinktas atsižvelgus į tai, kad jame yra mažai pasikeitusi situacija, yra daug įvairių pastovių objektų, visapusiškai patogu parinkti ryšio taškus, paties melioracijos projekto amžius artimas vidutiniam melioracijos statinių amžiui Lietuvoje. Ryšio taškais pasirinkta 20 taškų, kuriuos galima lengvai identifikuoti tiek melioracijos projekte, tiek ortofotografinėje nuotraukoje.



**4.1.1 pav.** Ekspirmentiniam tyrimui parinktas melioracijos projektas

Kaip jau buvo minėta 2 skyriuje, skenuotas projektas išvalomas ir paruošiamas susiejimui (4.1.2 pav.).



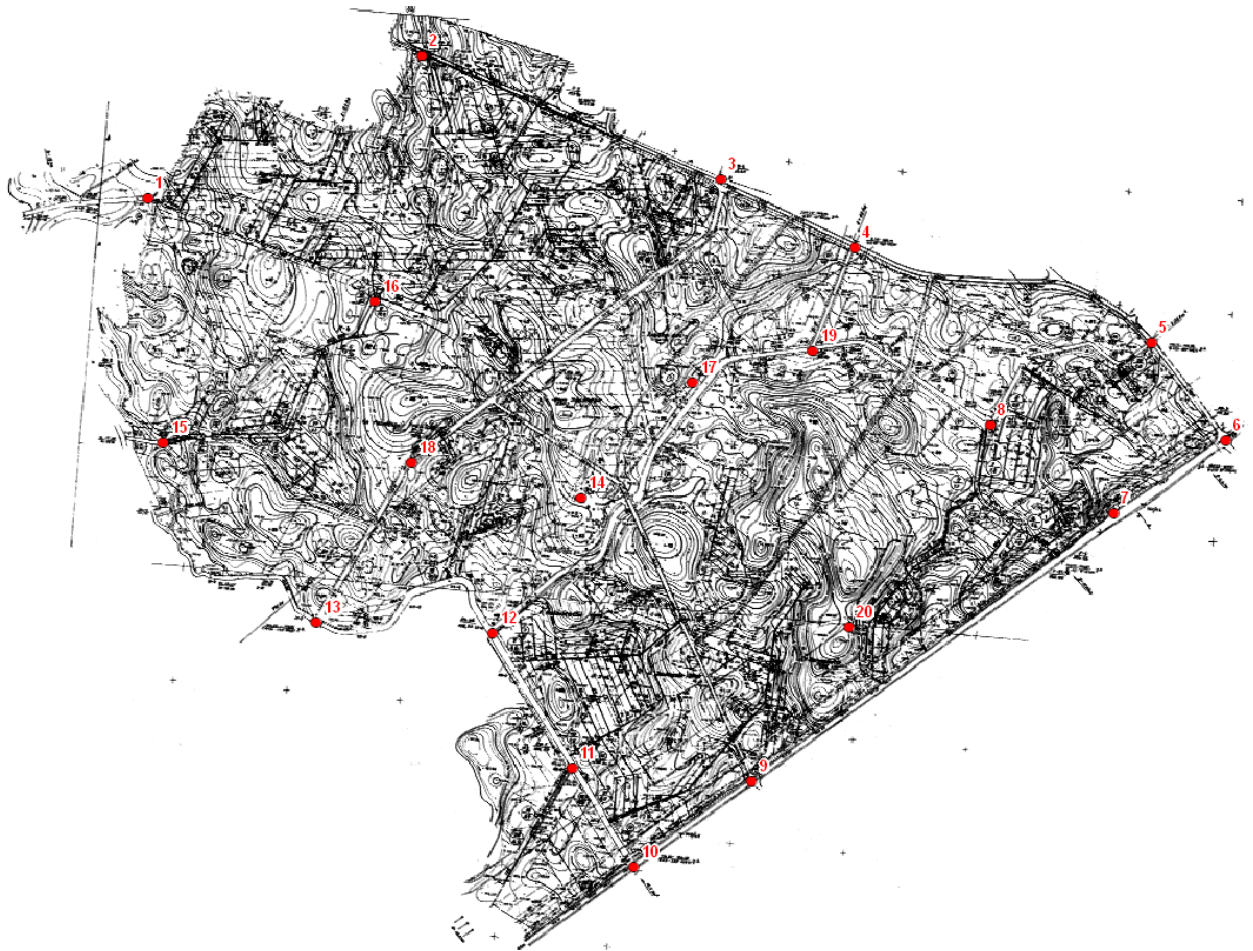
**4.1.2 pav.** Paruoštas melioracijos projektas susiejimui

#### 4.2. RYŠIO TAŠKŲ KOORDINAČIŲ NUSTATYMAS ORTOFOTOGRAFINIAME ŽEMĖLAPYJE IR MELIORACIJOS PROJEKTE

Ryšio taškai pasirinktame melioracijos projekte ir ortofotografiniame žemėlapyje buvo parinkti atitinkamai analizuojant turimą medžiagą ir vietovės vaizdus. Ryšio taškais pasirinkti ryškūs gerai identifikuojami ortofotografiniame žemėlapyje ir melioracijos projekte taškai, pastovūs vietovės objektai. Taškų išdėstymas pavaizduotas 4.2.1pav. ortofotografiniame žemėlapyje, 4.2.2pav. pasirinktame melioracijos projekte.



4.2.1 pav. Ryšio taškų išsidėstymas ortofotograminiame žemėlapyje



**4.2.2 pav.** Ryšio taškų išsidėstymas melioracijos projekte

Ryšio taškų koordinatės nustatytos dvejose koordinačių sistemose. *Melioracijos projekte ryšio taškams buvo nustatytos sąlyginės koordinatės* (pateikiamos 2priede). Ortofotografiniame žemėlapyje ryšio taškams nustatytos LKS-94 koordinačių sistemoje koordinatės, kurios buvo paskaičiuotos automatinio programiniu būdu panaudojus *ArcMap 9.3* programinės įrangos įrankį *Field Calculator* (laukų skaičiuotuvas). Kiekvieno taško koordinatės buvo nuskaitomos tris kartus, o galutinėmis reikšmėmis buvo priskirtas aritmetinis vidurkis. Pagal šiuos duomenimis, buvo paskaičiuota vidutinė kvadratinė vieno matavimo paklaida  $m$ :

$$m = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{3(n-1)}}, \quad (4.2.1)$$

ir vidurkio vidutinė kvadratinė paklaida  $m_v$

$$m_v = \frac{m}{\sqrt{3}}, \quad (4.2.2)$$

čia  $n$  - taškų skaičius,  $x$  - išmatuotos koordinatės,  $\bar{x}$  - išmatuotų taškų koordinačių aritmetinis vidurkis. Gautos koordinačių skirtumų paklaidos pateikiamos 4.2.1 lentelėje.

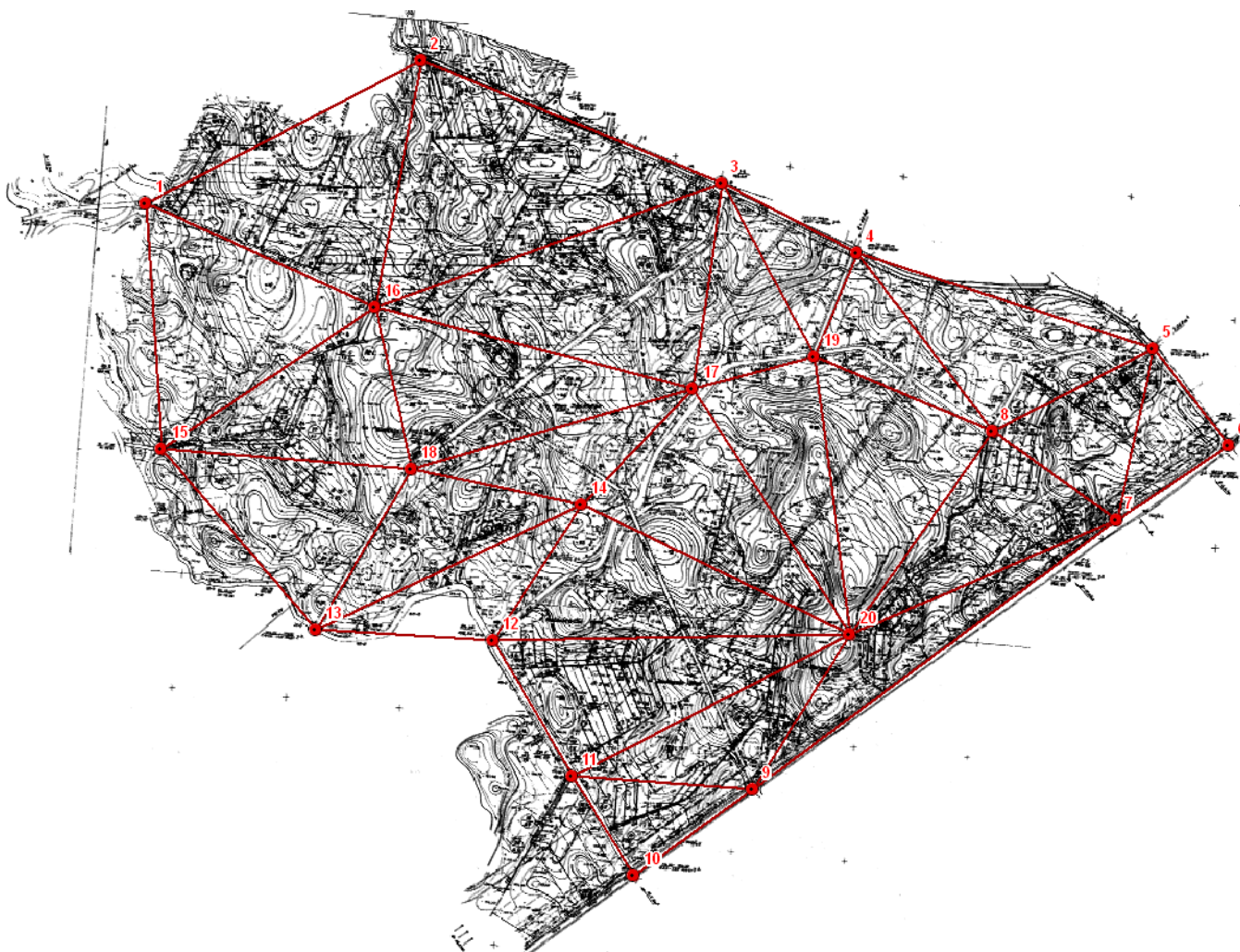
#### 4.2.1 lentelė Išmatuotų koordinačių paklaidos

	$\delta x$ (m)	$\delta y$ (m)
$m$	0.007	0.08
$m_v$	0.004	0.046

Ryšio taškų koordinatės, koordinačių skirtumų vidurkių ir paklaidų skaičiavimai pateikti 2priede.

#### 4.3. TRIKAMPIŲ TINKLO SUDARYMAS IR TRIKAMPIUOSE ESANČIŲ TAŠKŲ KOORDINAČIŲ NUSTATYMAS

Eksperimentui atlikti taikant koordinačių perskaičiavimą baigtinių elementų metodu, pasirinktą teritoriją suskaidome į trikampių tinklą. Trikampių viršūnės bus jau parinkti ryšio taškai. Kiekvienas ryšio taškų rinkinys turi daugiau nei vieną TIN sudarymo variantą. Sudarant šį tinklą stengtasi išvengti labai smailių ir bukų kampų. Sudarytas trikampių tinklas pavaizduotas 4.3.1 pav.



4.3.1. pav. Sudarytas trikampių tinklas

Koordinačių perskaičiavimui į valstybinę LKS–94 koordinačių sistemą baigtinių elementų metodu kiekviename iš sudarytų trikampių parenkami papildomi 3-8 taškai. Šie papildomi taškai taip pat bus panaudoti sekančiame eksperimento etape t.y. atliekant koordinačių perskaičiavimą konforminiu metodu. Taškai parinkti drenažo sistemos sankirtose, vietose, kur kinta rinktuvų diametrai, filtrų centruose, vietose, kur drenažas susijungia su grioviais, taip parinkta ir keletas pastovių vietovės objektų, pavyzdžiui, statinių kampai, aiškiai identifikuojami stulpai. Iš viso šių taškų parinkta 123 ir paskaičiuotos jų koordinatės sąlyginėje koordinačių sistemoje. Ortofotografinio žemėlapių dalį, kur pavaizduoti ryšio taškai, suprojektuotas trikampių tinklas, melioracijos projektas ir papildomi 123 taškai galima pamatyti 4 priede. Sąlygines koordinates ir koordinates iš ortofotografinio žemėlapių papildomai parinktiems 123 taškams galima pamatyti 3 priede.

#### 4.4 EKSPERIMENTINIAI SKAIČIAVIMAI

Kaip jau buvo minėta, eksperimentinis tyrimas bus atliekamas, parinktų taškų koordinates perskaičiuojant iš sąlyginės į LKS-94 koordinačių sistemą dviem metodais:

- ✓ Koordinačių perskaičiavimas baigtinių elementų metodu;
- ✓ Koordinačių perskaičiavimas konforminių transformavimo metodu.

##### *Koordinačių perskaičiavimas baigtinių elementų metodu*

Koordinačių perskaičiavimui baigtinių elementų metodu rašomos ryšio lygtys kiekvienam baigtiniam elementui (trikampiui) pagal 3 skyriuje išdėstytus algoritmus (3.2.1–3.2.21 formulės). Kontrolė atliekama pagal tas pačias formules perskaičiuojant ryšio taškų koordinates į LKS 94 koordinačių sistemą. Kuomet ryšio taškų perskaičiuotos reikšmės sutampa su pradinėmis jų reikšmėmis, darome išvadą, kad ryšio lygtys sudarytos teisingai, priešingu atveju – reikia ieškoti klaidų ir iš naujo atlikti skaičiavimą. Deformacijos tenzorius elementų reikšmės  $e_{ij}$  ir koeficientai, apibendrinantys baigtinio elemento (trikampio) postūmį dėl koordinačių sistemų pradžios nesutapimų, gautos reikšmės pateikiamos 4.4.1 lentelėje, determinantų reikšmės 4.4.2 lentelėje. Visi skaičiavimai, tarpinės reikšmės ir skaičiavimo rezultatai pateikti 5 priede.

##### **4.4.1 lentelė** Deformacijos tenzorius elementų $e_{ij}$ ir koeficientų reikšmės

<b>Trikampis</b>	$e_{11}$	$e_{12}$	$e_{21}$	$e_{22}$	$\alpha$	$\beta$
1*2*16	-0,7296	-0,0019	0,0011	-0,7286	6156960,8	606520,35
2*3*16	-0,7298	-0,0005	0,0010	-0,7277	6156958,03	606518,39
3*4*19	-0,7275	-0,0015	0,0040	-0,7255	6156950,48	606491,50
3*19*17	-0,7285	-0,0034	0,0024	-0,7284	6156965,65	606514,54
3*17*16	-0,7288	-0,0009	0,0024	-0,7282	6156954,63	606513,51
5*6*7	-0,7300	0,0029	-0,0051	-0,7269	6156933,52	606531,75

**4.4.1 lentelės tęsinys** Deformacijos tenzoriaus elementų eij ir koeficientų reikšmės

<b>Trikampis</b>	<b><i>e11</i></b>	<b><i>e12</i></b>	<b><i>e21</i></b>	<b><i>e22</i></b>	<b><i>α</i></b>	<b><i>β</i></b>
5*7*8	-0,7304	0,0046	-0,0053	-0,7260	6156921,87	606525,34
5*8*4	-0,7263	0,0025	0,0032	-0,7302	6156921,06	606523,66
4*8*19	-0,7281	0,0002	0,0049	-0,7279	6156943,63	606501,31
7*9*20	-0,7297	0,0018	0,0025	-0,7275	6156940,74	606513,12
9*10*11	-0,7318	0,0010	-0,0013	-0,7312	6156948,04	606537,71
9*11*20	-0,7293	0,0012	0,0045	-0,7307	6156943,63	606527,43
11*12*20	-0,7278	0,0005	0,0038	-0,7303	6156944,61	606526,95
12*14*20	-0,7278	0,0005	-0,0027	-0,7302	6156944,43	606541,42
12*13*14	-0,7265	-0,0014	-0,0057	-0,7257	6156948,19	606531,89
18*14*13	-0,7273	-0,0010	0,0028	-0,7297	6156949,10	606521,82
13*15*18	-0,7273	-0,0011	0,0001	-0,7251	6156949,22	606516,60
15*16*18	-0,7281	-0,0012	-0,0018	-0,7252	6156952,46	606523,35
1*16*15	-0,7281	-0,0012	0,0024	-0,7280	6156952,26	606512,94
16*17*18	-0,7280	-0,0007	-0,0027	-0,7295	6156950,62	606539,67
17*14*18	-0,7271	-0,0010	0,0001	-0,7303	6156948,32	606532,65
14*17*20	-0,7283	0,0002	-0,0008	-0,7293	6156946,99	606531,57
17*19*20	-0,7302	-0,0029	0,0002	-0,7278	6156970,09	606520,23
8*7*20	-0,7324	0,0030	-0,0037	-0,7248	6156940,14	606511,76
19*8*20	-0,7299	-0,0006	-0,0001	-0,7300	6156955,54	606534,13

**4.4.2 lentelės tęsinys** Deformacijos tenzoriaus elementų eij ir koeficientų reikšmės

<b>Trikampis</b>	<b><i>D</i></b>	<b><i>D11</i></b>	<b><i>D12</i></b>	<b><i>D21</i></b>	<b><i>D22</i></b>	<b><i>Dα</i></b>	<b><i>Dβ</i></b>
1*2*16	2545479,65	-1857103,5	-4813,92	2884,7	-1854705,09	15672418506564,10	1543885213218,36
2*3*16	3309776,85	-2415551,81	-1732,58	3161,65	-2408419,72	20378157155870,90	2007440510536,96
3*4*19	693329,07	-504364,01	-1022,45	2776,57	-503028,00	4268792728153,66	420498184951,41
3*19*17	989165,85	-720603,78	-3342,10	2393,12	-720525,60	6090260165484,33	599943473256,39
3*17*16	2796615,68	-2038233,70	-2470,51	6680,70	-2036449,25	17218635867078,20	1696185190664,31
5*6*7	685605,15	-500472,18	1981,47	-3465,36	-498382,20	4221225300846,53	415841288753,74
5*7*8	1016381,18	-742333,33	4650,94	-5359,59	-737888,16	6257779527599,62	616460939391,32
5*8*4	1662131,58	-1207208,59	4207,06	5242,43	-1213741,77	10233612917516,40	1008122127070,00
4*8*19	896211,61	-652538,52	179,41	4429,65	-652373,77	5517924383402,53	543553515364,76
7*9*20	1247947,43	-910616,53	2287,42	3150,42	-907907,66	7683538339917,06	756896488169,42
9*10*11	725667,53	-531036,84	715,51	-966,07	-530590,70	4467897285247,89	440144722808,79
9*11*20	1227206,62	-894996,07	1460,27	5501,94	-896720,99	7555841962088,46	744334479886,00
11*12*20	2029999,81	-1477511,74	920,48	7648,54	-1482588,46	12498596363795,80	1231249600376,58
12*14*20	1997742,10	-1453880,63	903,68	-5337,77	-1458845,60	12299987101371,80	1211713323839,92
12*13*14	1015077,89	-737504,18	-1375,39	-5833,19	-736606,03	6249781997456,90	615677108488,19
18*14*13	1272932,72	-925827,98	-1259,73	3613,48	-928910,49	7837381934860,05	772061470775,05
13*15*18	1709931,62	-1243558,36	-1875,16	168,28	-1239805,89	10527962143444,70	1037101914686,16
15*16*18	1629719,80	-1186678,53	-1901,50	-2868,70	-1181885,37	10034107313276,10	988463116390,73

#### 4.4.2 lentelės tęsinys Deformacijos tenzorius elementų eij ir koeficientų reikšmės

1*16*15	2255529,81	-1642185,41	-2750,92	5476,83	-1642130,84	13887189395704,30	1368008020967,14
16*17*18	2028931,81	-1477154,48	-1392,89	-5432,79	-1480042,22	12492032939667,70	1230627637413,07
17*14*18	982629,37	-714495,03	-934,65	133,55	-717592,92	6049998259869,41	595996796552,74
14*17*20	1894484,42	-1379664,26	406,04	-1478,97	-1381705,91	11664240180947,30	1149064611344,11
17*19*20	1448173,60	-1057508,64	-4197,66	278,99	-1053984,90	8916361524512,41	878346583984,03
8*7*20	1564364,08	-1145805,93	4714,22	-5840,35	-1133905,62	9631695966479,84	948805212401,59
19*8*20	1961700,92	-1431916,12	-1108,49	-184,42	-1432104,23	12078105345917,70	1189838561590,52

#### Koordinatinių perskaičiavimas konforminių transformavimo metodu

Koordinatinių perskaičiavimui šiuo metodu, pagal ryšio taškus abejose koordinatinių sistemose koordinatės įvertinami koordinatinių lygčių koeficientai:  $K_{11}$ ,  $K_{12}$ ,  $X'_0$ ,  $Y'_0$ ,  $X_0$ ,  $Y_0$  ir paklaidos  $m_x$ ,  $m_y$ ,  $m$ , pagal 3.1.8–3.1.21 formules. Jų reikšmės pateikiamos lentelėje 4.4.3 Perskaičiavimui naudojamos pirmos eilės formulės.

#### 4.4.3 lentelė Konforminio koordinatinių perskaičiavimo lygčių koeficientai ir paklaidos

$X'_0$ (m)	$Y'_0$ (m)	$X_0$ (m)	$Y_0$ (m)	$K_{11}$ (m)	$K_{12}$ (m)	$m_x$ (m)	$m_y$ (m)	$m$ (m)
3431,78	4739,96	6157881,00	607812,43	0,27156	0,00026	1,91	2,05	2,80

Kuomet įvertintas šio metodo tikslumas, atliekamas parinktų papildomų 123 taškų, esančių visoje tiriamoje teritorijoje, koordinatinių perskaičiavimas. Koordinatinių perskaičiavimą konforminiu transformavimo metodu ryšio taškams ir tikslumui įvertinti galima pažiūrėti 6 priede, o parinktų papildomų taškų koordinatinių perskaičiavimą konforminių transformavimo metodu, visoje tiriamoje teritorijoje, galima pažiūrėti 7 priede.

Perskaičiuotų taškų koordinatės LKS 94 koordinatinių sistemoje *baigtinių elementų ir konforminio transformavimo metodais* pateikiami 4.4.4.lentelėje.

#### 4.4.4 lentelė Perskaičiuotų taškų koordinatės LKS 94 koordinatinių sistemoje

Trikampis	Eil. Nr.	Perskaičiuotos koordinatės konforminio transformavimo metodu		Perskaičiuotos koordinatės baigtinių elementų metodu	
		$X_{konf}$ (m)	$Y_{konf}$ (m)	$X_{baigt}$ (m)	$Y_{baigt}$ (m)
1*2*16	1	6158330,836	606972,1952	6158328,699	606972,0694
	2	6158365,522	607165,5557	6158364,699	607165,4443
	3	6158221,525	607198,7934	6158220,307	607199,1708
	4	6158258,762	607107,0979	6158257,144	607107,2943
	5	6158453,25	607244,6482	6158453,269	607244,3042
2*3*16	1	6158454,3	607507,6169	6158455,182	607506,9347
	2	6158568,816	607410,491	6158570,186	607409,7907

#### 4.4.4 lentelės tęsinys Perskaičiuotų taškų koordinatės LKS 94 koordinacių sistemoje

<i>Trikampis</i>	<i>Eil. Nr.</i>	<i>X konf (m)</i>	<i>Y konf (m)</i>	<i>X baigt (m)</i>	<i>Y baigt (m)</i>
	3	6158226,955	607434,7291	6158226,604	607434,8398
	4	6158346,846	607576,8863	6158347,248	607576,2834
	5	6158391,42	607651,8484	6158392,123	607650,9173
3*4*19	1	6158169,212	608067,6574	6158171,487	608067,0984
	2	6158221,849	608117,0249	6158224,149	608115,2221
	3	6158244,693	608085,1264	6158246,767	608083,3545
3*19*17	1	6158069,599	607913,366	6158070,434	607914,1376
	2	6158119,357	607989,7904	6158121,075	607990,151
	3	6158056,723	607941,9119	6158057,885	607942,5089
	4	6158098,858	607926,7782	6158099,85	607927,3143
	5	6158199,077	607905,7521	6158199,836	607905,4942
	6	6158124,841	607945,9711	6158126,056	607946,2965
3*17*16	1	6158222,87	607815,9743	6158223,294	607815,6037
	2	6158311,029	607794,4668	6158311,525	607793,425
	3	6158304,009	607816,6891	6158304,547	607815,6807
	4	6158219,024	607716,7816	6158219,214	607716,5384
	5	6158179,215	607624,7446	6158179,138	607624,9041
	6	6158097,484	607578,3445	6158097,187	607579,1913
	7	6158211,154	607856,9247	6158211,657	607856,6061
5*6*7	1	6157993,424	608698,636	6157990,873	608699,4854
	2	6157969,713	608719,7886	6157966,789	608720,052
	3	6157920,763	608642,4474	6157918,468	608642,1996
	4	6157890,905	608736,0538	6157887,363	608734,6817
5*7*8	1	6158024,896	608624,526	6158023,562	608626,5244
	2	6158008,896	608604,5971	6158007,806	608606,4549
	3	6157978,43	608529,628	6157978,465	608531,5615
	4	6157938,837	608464,5978	6157939,756	608466,3293
	5	6157871,605	608546,3839	6157870,616	608545,9904
5*8*4	1	6158044,449	608446,9189	6158045,297	608448,6042
	2	6158107,013	608452,2416	6158107,325	608453,2956
	3	6158128,834	608403,6272	6158129,476	608404,1213
	4	6158172,683	608241,9871	6158174,647	608240,9254
	5	6158144,761	608311,757	6158146,224	608311,4627
	6	6158077,172	608558,6252	6158076,621	608560,7137
	7	6158034,33	608444,6956	6158035,279	608446,4738
4*8*19	1	6158074,16	608100,0375	6158076,788	608100,6303
	2	6158024,644	608240,8382	6158027,095	608242,0158
	3	6158007,558	608272,5505	6158009,976	608273,962
	4	6158184,927	608176,2153	6158187,293	608174,7588
	5	6158204,401	608159,4478	6158206,772	608157,6881
7*9*20	1	6157723,426	608485,278	6157721,47	608483,4263
	2	6157587,345	608211,9728	6157586,855	608212,1677
	3	6157525,412	608178,9005	6157524,887	608179,7231
	4	6157641,642	608338,6952	6157640,431	608338,0147

#### 4.4.4 lentelės tęsinys Perskaičiuotų taškų koordinatės LKS 94 koordinacių sistemoje

<i>Trikampis</i>	<i>Eil. Nr.</i>	<i>X konf (m)</i>	<i>Y konf (m)</i>	<i>X baigt (m)</i>	<i>Y baigt (m)</i>
9*10*11	1	6157293,669	607853,7535	6157294,087	607855,8325
	2	6157214,082	607810,0606	6157213,713	607811,221
	3	6157239,081	607723,9865	6157239,425	607724,423
	4	6157256,621	607761,0059	6157257,01	607761,9227
9*11*20	1	6157444,118	607987,2139	6157444,543	607988,6118
	2	6157405,24	608006,2678	6157405,436	608008,4392
	3	6157432,161	607955,564	6157432,716	607956,8827
	4	6157377,349	607927,9303	6157377,877	607929,8787
	5	6157526,18	608057,1611	6157526,493	608057,8578
11*12*20	1	6157526,54	607938,2225	6157527,247	607938,0337
	2	6157528,828	607770,9147	6157529,97	607769,5159
	3	6157523,857	607679,5409	6157525,251	607677,562
	4	6157516,897	607549,6436	6157518,648	607546,8389
12*14*20	1	6157692,762	607663,4813	6157693,789	607662,0228
	2	6157594,848	607848,7971	6157595,635	607847,515
	3	6157759,582	607688,1449	6157760,375	607687,5742
	4	6157728,724	607699,9205	6157729,564	607699,0944
	5	6157627,179	607572,804	6157628,609	607570,0308
12*13*14	1	6157663,924	607431,2609	6157664,701	607430,2997
	2	6157591,958	607295,2933	6157592,688	607294,1296
	3	6157584,961	607516,2356	6157586,616	607512,706
	4	6157733,778	607599,5423	6157734,745	607598,4139
	5	6157657,9511	607464,7778	6157658,902	607463,3509
	6	6157636,7029	607369,6832	6157637,422	607368,7471
18*14*13	1	6157733,895	607452,2857	6157734,349	607451,8024
	2	6157842,859	607406,3877	6157842,737	607404,6486
	3	6157778,178	607555,8816	6157778,727	607555,4707
	4	6157729,132	607368,1119	6157729,378	607367,2727
13*15*18	1	6157829,542	607311,5415	6157829,208	607310,055
	2	6157698,303	607241,0714	6157698,326	607240,3744
	3	6157835,522	607168,1934	6157834,727	607168,4728
	4	6157859,611	607193,4882	6157858,788	607193,4708
15*16*18	1	6157928,231	607149,878	6157927,109	607150,7081
	2	6158067,505	607213,8254	6158066,446	607214,9276
	3	6157995,202	607184,4932	6157994,123	607185,4087
	4	6157955,413	607120,932	6157954,166	607122,3016
	5	6157916,761	607015,5771	6157915,207	607017,8998
1*16*15	1	6158049,633	607046,8504	6158048,018	607048,7387
	2	6158050,511	607074,2532	6158048,992	607076,0936
	3	6158171,797	606992,8222	6158169,82	606993,8174
	4	6158109,716	606981,9115	6158107,788	606983,4178
	5	6158245,486	607021,5415	6158243,508	607021,9064
16*17*18	1	6158061,38	607512,1786	6158060,994	607512,62
	2	6158025,552	607631,7001	6158025,407	607632,2101

#### 4.4.4 lentelės tęsinys Perskaičiuotų taškų koordinatės LKS 94 koordinačių sistemoje

<i>Trikampis</i>	<i>Eil. Nr.</i>	<i>X konf (m)</i>	<i>Y konf (m)</i>	<i>X baigt (m)</i>	<i>Y baigt (m)</i>
	3	6157924,765	607419,5407	6157924,43	607418,149
	4	6157979,209	607511,8108	6157978,942	607511,3611
17*14*18	1	6157877,469	607445,545	6157877,294	607443,8915
	2	6157949,412	607773,037	6157949,726	607773,6444
	3	6157980,727	607820,4266	6157981,011	607821,3704
	4	6157892,389	607537,2525	6157892,375	607536,2299
14*17*20	1	6157824,796	607711,4118	6157825,431	607711,4433
	2	6157655,255	608063,3663	6157655,395	608063,9025
	3	6157774,207	607909,7794	6157774,532	607910,2675
	4	6157898,008	607807,4814	6157898,424	607808,1081
	5	6157858,909	607930,8189	6157859,137	607931,7002
17*19*20	1	6157901,799	607986,8249	6157902,528	607987,7473
	2	6157979,244	607929,8354	6157979,929	607930,9102
	3	6157780,739	608080,5954	6157781,58	608081,2685
8*7*20	1	6157809,981	608359,7863	6157810,731	608360,6799
	2	6157756,677	608427,411	6157755,824	608426,6218
	3	6157738,737	608461,8888	6157737,204	608460,3778
	4	6157796,277	608502,5349	6157795,105	608501,3319
	5	6157719,046	608303,1544	6157719,134	608303,4602
	6	6157832,851	608448,1225	6157832,875	608448,1804
	7	6157846,016	608366,1802	6157847,221	608367,5197
	8	6157752,485	608440,4812	6157751,413	608439,4569
19*8*20	1	6157903,318	608178,5964	6157905,211	608179,7573
	2	6157798,949	608265,3113	6157800,364	608266,847
	3	6157887,187	608202,019	6157889,018	608203,2968
	4	6157994,647	608143,2663	6157997,004	608144,338
	5	6157876,586	608255,498	6157878,419	608257,0769

#### 4.5 GAUTŲ EKSPERIMENTO DUOMENŲ ANALIZĖ

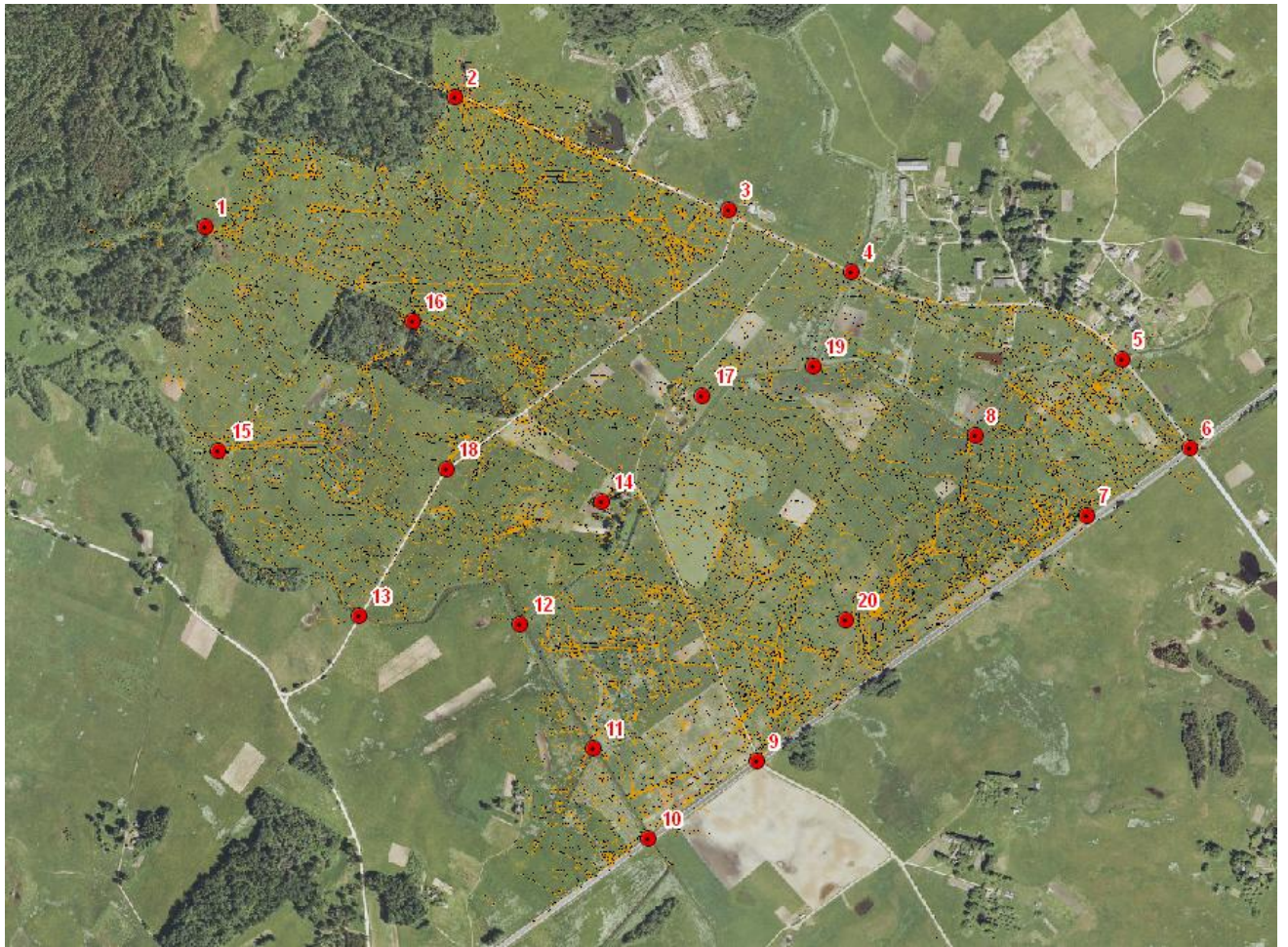
Atlikus teorinį koordinačių perskaičiavimą, gautus duomenis panaudosime melioracijos projekto koordinavimui, taikydami šiuo metu naudojamą metodiką. Kadangi gautų taškų yra per daug, imami 15-30 taškų teoriškai paskaičiuotas koordinatės ir siejami su melioracijos nuskaitytu projektu, kaip aprašyta 2 skyriuje.

Atsidarius *ArcGIS 9.3* programos langą suformuojamas projektas, t.y. nustatoma koordinačių sistema (Lietuvos koordinačių sistema LKS 94), sukeliama pagal nomenklatūrinius lapus reikalingus ortofotografinio žemėlapiu lapai ORT10LT ir pagalbiniai sluoksniai. Jei nėra įkelta, įkeliamas koordinavimui skirtas įrankis *Georeferencing* nuskaityto projekto susiejimui su koordinačių sistema.

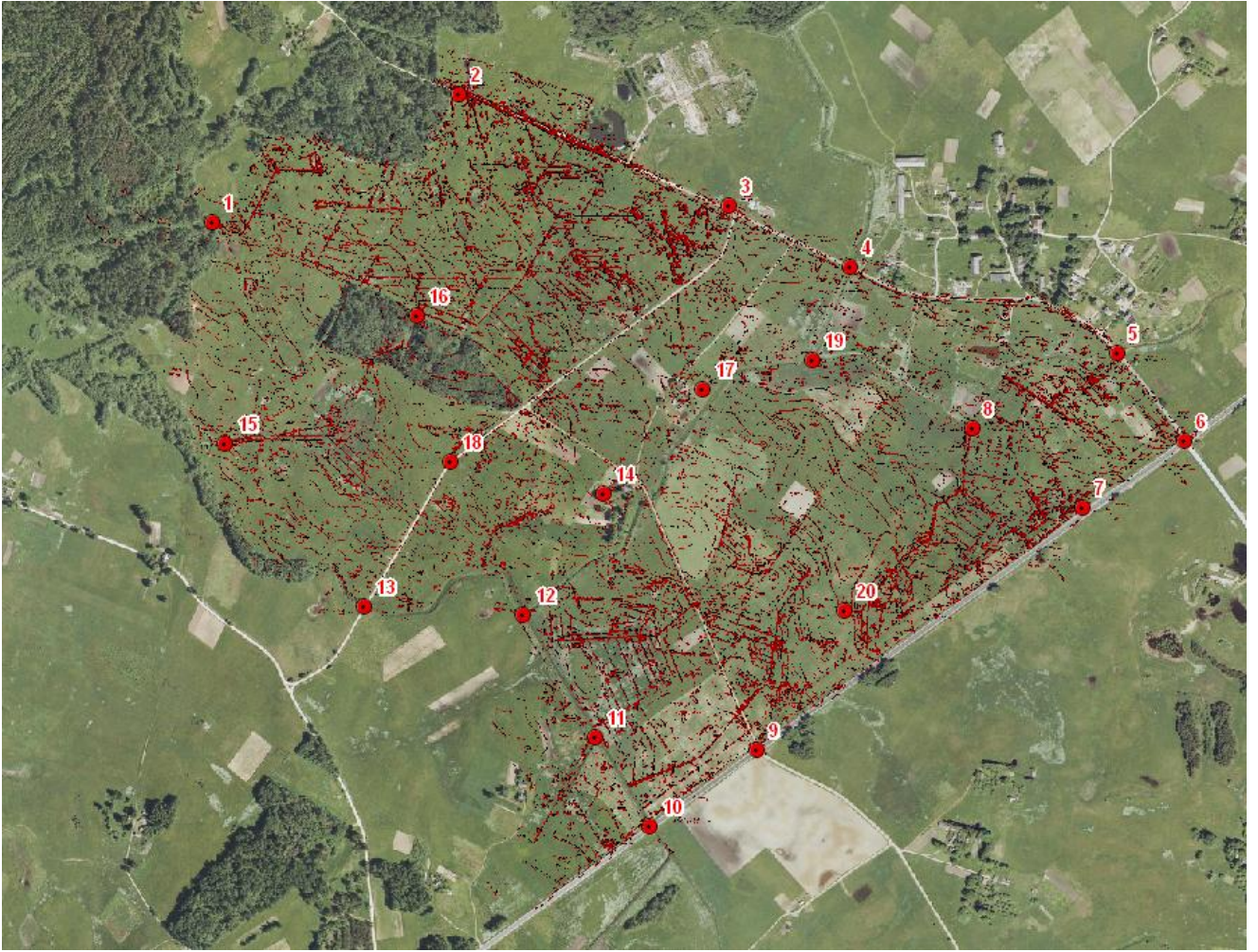
Tolimesnis darbas būtų rastriniam nekoordinuotam nuskaitytam melioracijos projektui suteikti koordinates. Tai atliekame taip: į paruošta projektą įrankio *Add Data* pagalba įsikeliame nuskaitytą melioracijos projektą. Melioracijos projektas yra nekoordinuotas, todėl jis atsiras pradžioje koordinacių sistemos toli nuo mums reikalingos vietos plane. Gerai išstudijuojamas nuskaitytas projektas ir pasiruoštas georeferencinis pagrindas, randami ryšio taškai. Tuomet imamas įrankį *Add Control Points* (kursoriaus rodyklės forma pasikeičia į kryželį), nuvedamas kryželis tiksliai ant identifikuojamo taško centro, spaudžiamas pelytės kairis klavišas vieną kartą (kryželis pasidaro žalios spalvos) ir po to randamas ortofotografiniame žemėlapyje tas pats objektas ar jo dalis ir užvedamas kryželis į šios vietos centrą (kryželis pasidaro raudonas). Tokiu pat būdu pažymimi visi ryšio taškai. Pažymima *Georeferencing* įrankių rinkinyje ikona *View link table*, ir atidarysime lentelę, kurioje matome šeši skaičių stulpeliai su informacija apie įvestu ryšio taškus. Pirmame stulpelyje matomi taškų numeriai, antrame ir trečiame - taškų padėtis nuskaityto plano aprėpties atžvilgiu (koordinatės nuskaityto plano X *XSource* ir *YSource*), penktame – taškų padėtis darbalangio žemėlapiu atžvilgiu (*ŽemėlapiuX XMap*, *ŽemėlapiuY YMap*), paskutiniame – paklaidos (Paklaida) *Ressidual*. Kuo mažesnė paklaida, tuo tiksliau atliktas darbas. Šių paklaidų suma pateikiama apatiniame dešiniame langelyje (Bendra VK paklaida) *Total RMS error* (ESRI 1992). Atlikus nuskaityto plano orientavimą galima jį išsaugoti nauju pavadinimu. Tame pačiame įrankių rinkinyje spaudžiamas *Recrify*. *Šio eksperimentinio tyrimo metu atliekamas to paties melioracijos projekto susiejimas tris kartus: pagal ortofotografinį žemėlapi, pagal perskaičiuotas koordinates baigtinių elementų ir konforminiu metodu*. Atliekama susietų projektų grafinė analizė.

Melioracijos projektui suteiktas LKS-94 koordinates, panaudojus konforminio transformavimo metodu paskaičiuotas teorines koordinates galime pamatyti 4.5.1 pav.

Melioracijos projektui suteiktas LKS-94 koordinates, panaudojus baigtiniu elementu metodu paskaičiuotas teorines koordinates galime pamatyti 4.5.2 pav.



4.5.1 pav. Susietas konformiškai transformuotas objektas

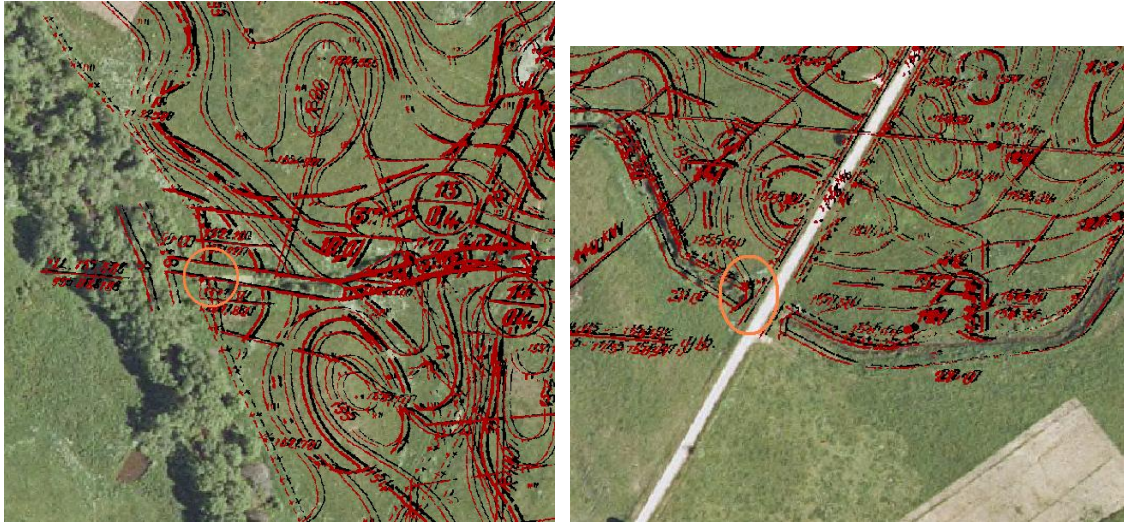


**4.5.2 pav.** Susietas baigtinių elementų metodu transformuotas melioracijos projektas

Taip susietas nuskaitytas rastrinis melioracijos planas, saugomas dviejose bylose su priedvardžiais \*.tif (tai rastro formatas) ir \*.twf (saugoma informacija apie rastrinio projekto padėtį, t.y. saugoma kairio apatinio rastrinio kampo koordinatės ir dešinio viršutinio).

Toliau lyginami susieti melioracijos projektai (t.y. eksperimento metu susietas tas pats projektas tik susiejimo metu buvo panaudotos skirtingos koordinatės): susieti projektai pagal ortofotografinį žemėlapi ir pagal baigtinių elementų metodą perskaičiuotas koordinates, susieti projektai pagal ortofotografinį žemėlapi ir pagal konforminį metodą perskaičiuotas koordinates, susieti projektai pagal baigtinių elementų metodą perskaičiuotas koordinates ir pagal konforminį metodą perskaičiuotas koordinates.

Analizuojant grafiniu būdu susietus projektus pagal ortofotografinį žemėlapi ir pagal baigtinių elementų metodą perskaičiuotas koordinates, pastebėta, kad vizualiai projektai labai gerai sutampa t.y. vietomis vienas kitą dengia identiškai, o vietomis skirtumai tarp projektų būna iki 3 metrų (4.5.3 pav).



**4.5.3 pav.** Skirtumai tarp susietų projektų

Analizuojant grafiniu būdu susietus projektus pagal ortofotografinį žemėlapi ir pagal konforminį metodą perskaičiuotas koordinatas, pastebėtas toks pat dėningumas: vietomis vienas kitą dengia identišškai, o vietomis skirtumai tarp projektų būna iki 3 metrų (4.5.4 pav).



**4.5.4 pav.** Skirtumai tarp susietų projektų

Toliau analizuojami grafiškai susieti projektai pagal baigtinių elementų metodą perskaičiuotas koordinatas ir pagal konforminį metodą perskaičiuotas koordinatas (4.5.5pav.).



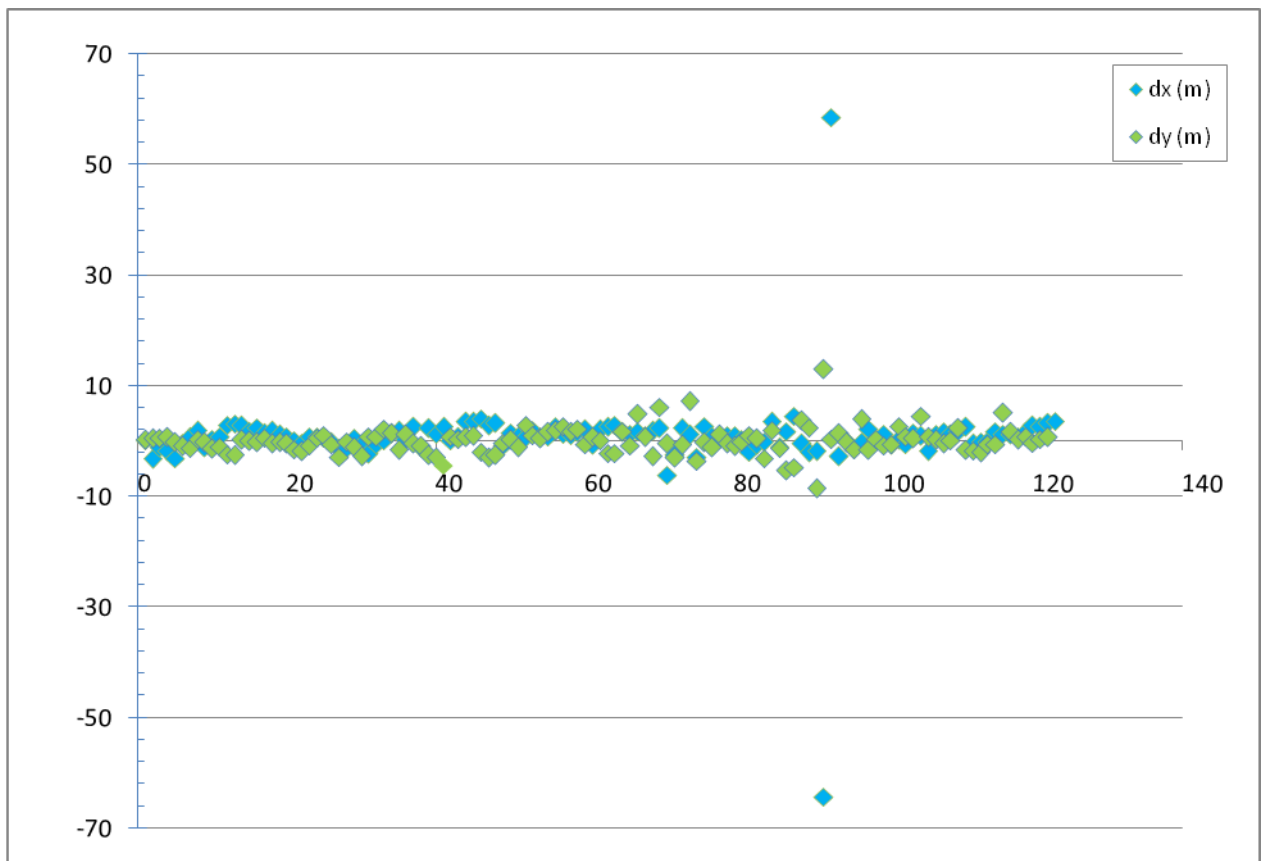
**4.5.5 pav.** Skirtumai tarp susietu projektų

Kadangi pagal grafinę analizę ženklų skirtumų nepastebėta ir neįmanoma iš grafinės analizės parinkti tinkamiausio susiejimo būdo, toliau atliekami koordinacių skirtumų teorinė analizė.

#### *Transformavimo paklaidų analizė*

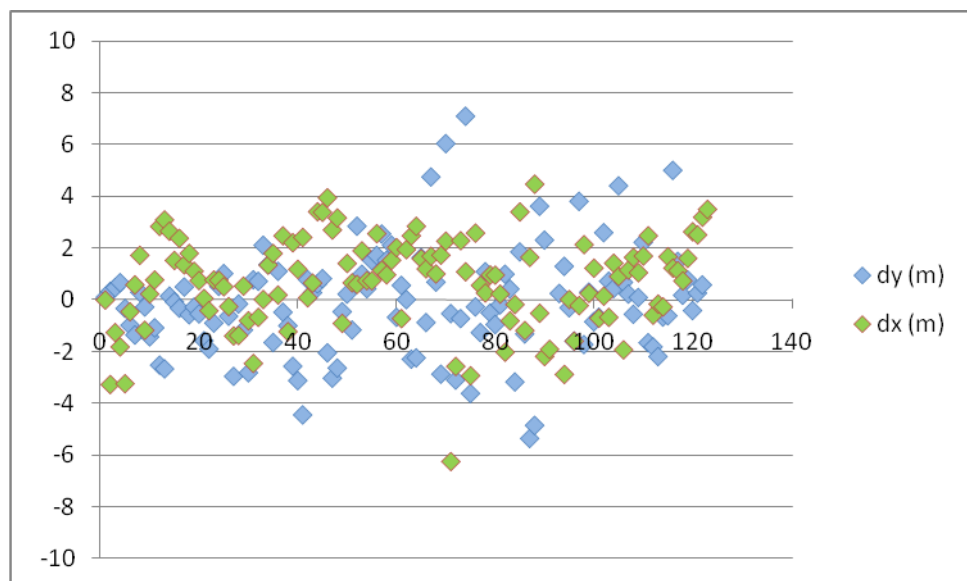
Analizės metu remiamės taškų koordinatėmis nustatytomis iš ortofotografinio žemėlapiu, kurių atžvilgiu analizuosime transformuotų rezultatų nuokrypius. Kaip jau buvo minėta, šių taškų koordinatės galima pamatyti 2 priede.

Paskaičiuosime skirtumus tarp taškų, kurių koordinatės nustatytos iš ortofotografinio žemėlapiu ir teoriškai paskaičiuotų taškų koordinacių baigtinių elementų metodu. Šiuos skirtumus galima matyti 8 priede, o koordinacių skirtumų diagrama pavaizduota 4.5.6 pav.



**4.5.6 pav.** Baigtinių elementų metodu apskaičiuotų koordinacių ir iš ortofotografinio žemėlapiro gautų koordinacių skirtumai

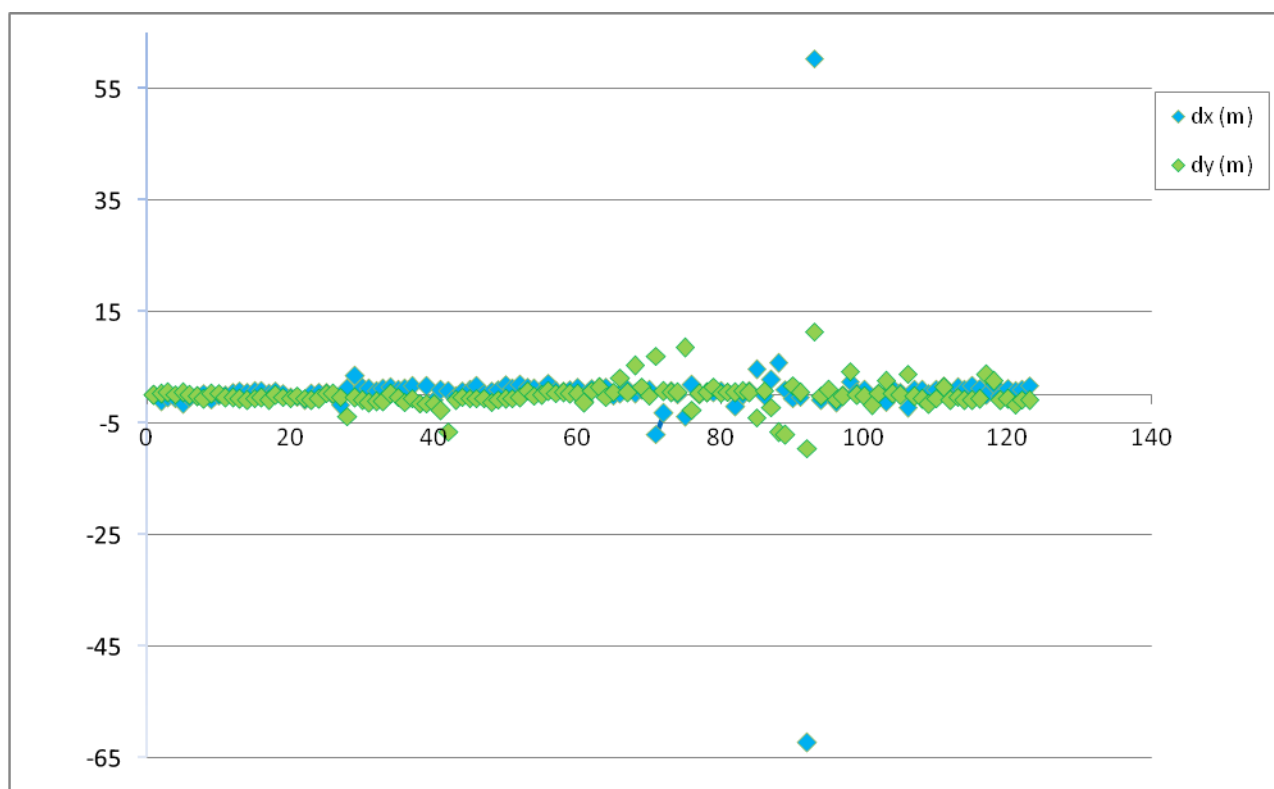
Grafike matome, kaip išsidėsto koordinacių skirtumai. Pasitaiko taškų, kurių reikšmės gerokai viršija leistiną paklaidą, šio projekto atveju, tai taškai, kurie projekte nubraižyti vienaip, o vietovėje atlikta kitaip, tokie taškai susiejimo metu nenaudojami. Eliminuojami šie taškai iš atliktų skaičiavimų ir gaunamas koordinacių skirtumų grafikas pavaizduotas 4.5.7 pav.



**4.5.7 pav.** Baigtinių elementų metodu apskaičiuotų koordinacių ir iš ortofotografinio žemėlapiro gautų koordinacių skirtumai

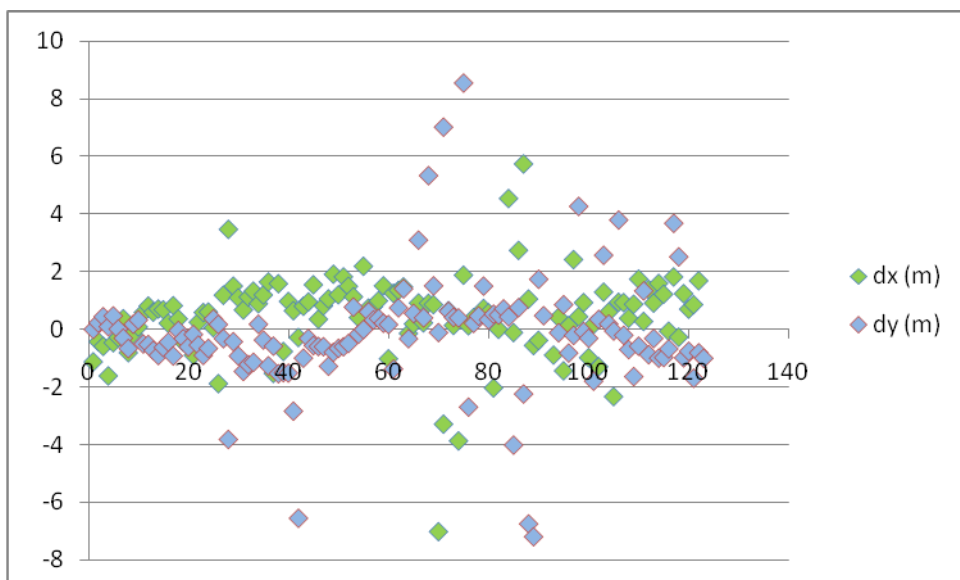
Iš pateikto grafiko matome, kad x koordinacių skirtumų mažiausia reikšmė - 6,25, didžiausia 4,49, skirtumų vidutinė reikšmė 0,70, o y koordinacių skirtumų mažiausia reikšmė - 5,37, didžiausia 7,12, skirtumų vidutinė reikšmė - 0,10.

Toliau skaičiuojami skirtumai tarp taškų, kurių koordinatės nustatytos iš ortofotografinio žemėlapiu ir teoriškai paskaičiuotų taškų koordinacių konforminio transformavimo metodu. Šiuos skirtumus galima pamatyti 9 priede ir grafiškai pavaizduota 4.5.8 pav.



**4.5.8 pav.** Konforminio transformavimo metodu apskaičiuotų koordinacių ir iš ortofotografinio žemėlapiu gautų koordinacių skirtumai

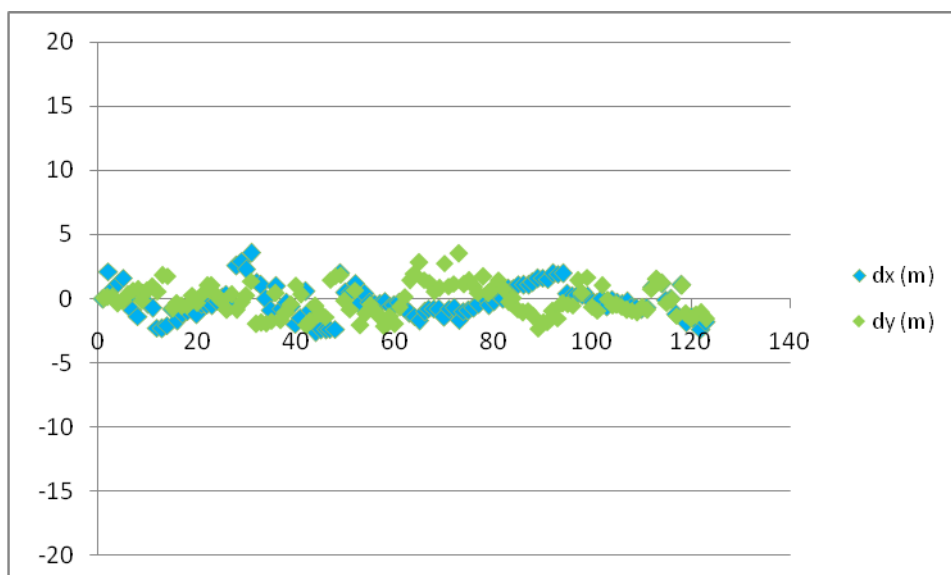
Grafike matome, kaip išsidėsto koordinacių skirtumai. Eliminuojami netinkami taškai iš atliktų skaičiavimų ir gaunamas koordinacių skirtumų grafikas pavaizduotas 4.5.9 pav.



**4.5.9 pav.** Konforminio transformavimo metodu apskaičiuotų koordinatų ir iš ortofotografinio žemėlapiu gautų koordinatų skirtumai

Iš pateikto grafiko matome, kad x koordinatų skirtumų mažiausia reikšmė  $-7,03$ , didžiausia  $5,74$ , skirtumų vidutinė reikšmė  $0,46$ , o y koordinatų skirtumų mažiausia reikšmė  $-7,19$ , didžiausia  $8,54$ , skirtumų vidutinė reikšmė  $-0,16$ .

Toliau skaičiuojami skirtumai tarp taškų, kurie perskaičiuoti taikant baiginių elementų metodą ir pagal konforminį metodą. Šiuos skirtumus galima pamatyti 10 priede ir grafiškai pavaizduota 4.5.10 pav.



**4.5.10 pav.** Konforminio transformavimo metodu ir baiginių elementų metodu apskaičiuotų koordinatų skirtumai

Iš pateikto grafiko matome, kad x koordinačių skirtumų mažiausia reikšmė – 2,63, didžiausia 3,54, skirtumų vidutinė reikšmė 0,20, o y koordinačių skirtumų mažiausia reikšmė – 2,32, didžiausia 3,53, skirtumų vidutinė reikšmė -0,08.

Vidutinės kvadratinės paklaidos bus skaičiuojamos pavaizduotiems koordinačių skirtumams pagal formules:

$$m'_x = \sqrt{\frac{\sum \delta x^2}{n}}, \quad (4.6.1)$$

$$m'_y = \sqrt{\frac{\sum \delta y^2}{n}}, \quad (4.6.2)$$

$$m' = \sqrt{m'^2_x + m'^2_y}, \quad (4.6.3)$$

**4.6.1 lentelė.** Vidutinės kvadratinės paklaidos paskaičiuotiems koordinačių skirtumams

<i>Vidutinės kvadratinės paklaidos koordinačių skirtumams</i>					
<i>Koordinačių skirtumai tarp ortofoto – baigtinių elementų metodais gautų koordinačių</i>			<i>Koordinačių skirtumai tarp ortofoto – konforminio metodais gautų koordinačių</i>		
<i>m<sub>x</sub></i>	<i>m<sub>y</sub></i>	<i>m'</i>	<i>m<sub>x</sub></i>	<i>m<sub>y</sub></i>	<i>m'</i>
1,49	1,97	2,47	1,87	2,01	2,75

Iš pateiktos lentelės matoma, kad baigtinių elementų metodu gautos koordinatės yra tikslesnės.

#### *Pagrindinio tyrimo rezultatai ir jų nagrinėjimas*

Atliekant eksperimentinius koordinačių perskaičiavimus fragmentiniu ir konforminiu koordinačių perskaičiavimo metodu, nustatyta, kad didelių sisteminių koordinačių perskaičiavimo paklaidų nėra. Analizuojant grafiniu būdu susietus projektus pastebėta, kad susieti projektai atitinka tikslumo reikalavimus, vietomis grafiniai skirtumai tarp projektų būna iki 3 metrų. Remiantis atliktais koordinačių skirtumų skaičiavimais, daroma išvada, jog tikslesnis metodas yra baigtinių elementų koordinačių perskaičiavimo metodas negu konforminio transformavimo metodas. Paskaičiuotos koordinačių skirtumų vidutinės kvadratinės paklaidos rodo, kad geresniu tikslumu gautos baigtinių elementų metodu koordinatės, jų reikšmės:  $m_x=1,49m$ ,  $m_y=1,97$ ,  $m=2,47$ .

#### *Praktinio taikymo galimybės*

Rekomenduojama šiuo metu gamyboje taikomą melioracijos projektų susiejimo metodą (panaudojant ArcGIS programinę įrangą, žiūrėti 2 skyrių) patobulinti susiejimo metu naudojant teoriškai perskaičiuotas sąlygines koordinates į valstybinę LKS-94 koordinačių sistemą.

Daroma išvada, kad tiriamasis objektas – planinis melioracijos projektas įgyvendintas tikslumo ribose, o gauti eksperimento rezultatai rodo, kad siūlomas patobulintas metodas leistų tiksliau atlikti kartografinės medžiagos susiejimą.

## IŠVADOS:

1. Atlikta šiuo metu gamyboje taikomos melioracijos projektų susiejimo su LKS 94 koordinačių sistema metodikos analizė. Taikant šią metodiką atliktas melioracijos projekto R4,91998 susiejimas. Susiejimo persislinkimo klaida apibūdinama koeficientu, kurio reikšmė susietam projektui yra 1,25146. Šis rezultatas parodo sėkmingą melioracijos projekto susiejimą.
2. Baigiamajame magistro darbe nuosekliai išnagrinėti koordinačių perskaičiavimo konforminiu ir baigtinių elementų būdai, jų algoritmai ir perskaičiavimo ypatumai. Remiantis teorinėmis žiniomis, tinkamiausias koordinačių perskaičiavimo metodas yra baigtinių elementų, kadangi ryšio taškuose nėra liekamųjų paklaidų.
3. Sudarytos koordinačių perskaičiavimui ryšio lygtys ir atliktas melioracijos projekto susiejimas taikant tiek konforminį, tiek baigtinių elementų metodus. Grafinės analizės metu nustatyta, kad skirtumai tarp susietų melioracijos projektų yra iki 3 metrų, toks rezultatas yra tikslumo ribose.
4. Iš atliktų eksperimentinių skaičiavimų Utenos rajono Jotačių kadastro vietovės melioracijos projekto Nr. R4,91998 rezultatų analizės nustatyta:
  - Pasirinktas melioracijos projektinis planas buvo atliktas vietovėje tikslumo ribose, todėl lyginant skirtingais metodais gautas koordinates, neišskiriamos didelės sisteminės paklaidos.
  - Lyginant koordinačių skirtumus, nustatyta, jog tikslesnis yra baigtinių elementų koordinačių perskaičiavimo metodas, kadangi koordinačių skirtumai tarp ortofotografinio žemėlapiu ir baigtinių elementų metodu gautų koordinačių pasiskirstę  $\delta x$  [ - 6.25 , 4.49] metrais,  $\delta y$  [ - 5.37 , 7.12] metrais, o koordinačių skirtumai tarp ortofotografinio žemėlapiu ir konforminiu metodu gautų koordinačių pasiskirstę  $\delta x$  [ - 7.03 , 5.74] metrais,  $\delta y$  [ -7.19, 8.54] metrais.
  - Paskaičiuotos koordinačių skirtumų vidutinės kvadratinės paklaidos rodo, kad tikslesnės yra baigtinių elementų metodu perskaičiuotos koordinatės, jų reikšmės:  
 $m_x=1,49m$ ,  $m_y=1,97m$ ,  $m=2,47m$ .
5. Rekomenduojama šiuo metu gamyboje taikomą melioracijos projektų susiejimo metodą patobulinti susiejimo metu naudojant teoriškai perskaičiuotas sąlygines koordinates į valstybinę LKS-94 koordinačių sistemą – tai užtikrintų efektyvesnį kartografinės medžiagos susiejimą.

## LITERITŪROS SĄRAŠAS:

- Aleknavičius A., Sinkevičiūtė V. Kartografija: mokomoji knyga. Kaunas: Ardiva, 2008.
- Aerogeodezinio instituto internetinė prieiga: <http://www.agi.lt/lt/naujienos>
- ERSI produktas: Using ArcGIS Desktop. Printed in the United States of America, 2006. 434 p.
- Kumetaiienė A., Stanionis A. Skaitmeninio žemėlapių sudarymo metodika: mokomoji knyga. Vilnius: Technika, 2008.
- Lietuvos Respublikos melioracijos įstatymas. Valstybės žinios, Nr. I-323.1993 m. gruodžio 9d., pakeitimas Nr. IXP –3002(2), 2003 m.
- MELGIS praktinis panaudojimas melioracijos projektinės dokumentacijos archyvavimui, susiejimui su koordinacinių sistema LKS-94, bei grafinių ir atributinių duomenų bazių rengime, Instrukcija. VĮ valstybinis žemėtvarkos institutas. 2005 p. 89p.
- Rumšas G; Kutra, S; Povilaitis, A; Lukševičiūtė, A; PHARE Lietuvos melioracijos projektas GIS taikymas melioracijoje Ekspertų darbo grupės galutinė ataskaita; 1999. 5.
- Skeivalas J. Metrologinių ir geodezinių matavimų apdorojimas. Vilnius: Technika, 2001. 220 p.
- Sužiedelytė – Visockienė J., Žalnierukas A. Urbanizuotų teritorijų kartografavimo ypač stambiu masteliu ortofotogrametrinės technologijos ypatumai. 2004. Internetinė prieiga: <http://www.vgtu.lt/leidiniai/index.php?id=31&lid=gk20>
- Tamutis Z., Žalnierukas A., Kazakevičius S., Petroškevičius P. Geodezija 2. Vilnius: Mokslo ir enciklopedijų leidykla, 1996. 384 p.
- Urbonas R. Melioracija. Sausinimas. Vilnius: Mokslas. 344 p.
- Valstybei nuosavybės teise priklausančių melioracijos statinių ir melioracijos sistemų naudojimo taisyklės. Valstybės žinios, Nr. 3D-186. 2008 m. balandžio 3 d.
- Zakarevičius. A. Lietuvos geodezinių tinklų koordinacinių sistemų ir jų ryšiai. Vilnius: Technika, 1996. 200 p.
- Zakarevičius A. Ryšiai tarp geodezinių tinklų koordinacinių sistemų. Vilnius: Technika, 1995. 36p.
- Zakarevičius A., Stankevičius Ž. Netolygiųjų atsitiktinių deformacijų sumažinimas transformuojant fragmentiškai. Geodezija ir kartografija, Vilnius: Technika, 1999, XXV t., Nr. 3 p. 123-127. ISSN 1392-1541.
- Zakarevičius A. Konforminis koordinacinių perskaičiavimas // Geodezijos darbai, Vilnius: Technika, 1995. 49-51p.

## **PRIEDAI**