



VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

APLINKOS INŽINERIJOS FAKULTETAS

GEODEZIJOS IR KADASTRO KATEDRA

Giedrė Intaitė

**NEKILNOJAMOJO TURTO KADASTRO ŽEMĖLAPIO
ŽEMĖS SKLYPŲ RIBŲ TOPOLOGIJOS OPTIMIZAVIMAS**

**LAND SITES TOPOLOGY OPTIMIZATION OF REAL ESTATE
CADASTRE MAP**

Baigiamasis magistro darbas

Geodezijos ir kartografijos studijų programa, valstybinis kodas 621H14003

Kadastro informacinių sistemų specializacija

Bendrosios inžinerijos studijų kryptis

Vilnius, 2013

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
APLINKOS INŽINERIJOS FAKULTETAS
GEODEZIJOS IR KADASTRO KATEDRA

TVIRTINU
Katedros vedėjas

(parašas)
V. Č. Aksamitauskas
(Vardas, pavardė)

(Data)

Giedrė Intaitė

**NEKILNOJAMOJO TURTO KADASTRO ŽEMĖLAPIO
ŽEMĖS SKLYPŲ RIBŲ TOPOLOGIJOS OPTIMIZAVIMAS**

**LAND SITES TOPOLOGY OPTIMIZATION OF REAL ESTATE
CADASTRE MAP**

Baigiamasis magistro darbas

Geodezijos ir kartografijos studijų programa, valstybinis kodas 621H14003

Kadastro informacinių sistemų specializacija

Bendrosios inžinerijos studijų kryptis

Vadovas habil. dr. prof. A. Zakarevičius
(Moksl. Laipsnis, vardas, pavardė) (Parašas) (Data)

Konsultantas lektorius dr. D. Rusakevičius
(Moksl. Laipsnis, vardas, pavardė) (Parašas) (Data)

Konsultantas lektorė R. Žukienė
(Moksl. Laipsnis, vardas, pavardė) (Parašas) (Data)

Vilnius, 2013

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
APLINKOS INŽINERIJOS FAKULTETAS
GEODEZIJOS IR KADASTRO KATEDRA

Bendrosios inžinerijos studijų kryptis

Geodezijos ir kartografijos studijų programa, valstybinis kodas 621H14003

Kadastro informacinių sistemų specializacija

TVIRTINU
Katedros vedėjas:
.....
(Parašas)
Prof. dr. doc. Vladislovas
Česlovas Aksamitauskas
(Vardas, pavardė)
.....
(Data)

BAIGIAMOJO MAGISTRO DARBO

UŽDUOTIS

.....Nr.
Vilnius

Studentui (ei)
.....
(Vardas, pavardė)

Baigiamojo darbo tema: *Nekilnojamojo turto kadastro žemėlapių žemės sklypų ribų topologijos optimizavimas*

patvirtinta 2011 m. lapkričio 30 d. dekanų potvarkiu Nr. 414ap

Baigiamojo darbo užbaigimo terminas 2013 m. birželio 7 d.

BAIGIAMOJO DARBO UŽDUOTIS:

Ištirti genetiniu algoritmu paremtą topologijos optimizavimo metodą ir jo taikymą formuojant žemės sklypų ribas nekilnojamojo turto kadastro žemėlapyje. Taikymo galimybėms ištirti atlikti eksperimentinius skaičiavimus eksperimentiniame objekte.

Baigiamojo darbo rengimo konsultantai:

.....
lektorius dr. Dainius Rusakevičius
(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė)

Vadovas
(Paraša) Prof. habil. dr. Algimantas Zakarevičius
(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė)

Užduotį gavau

.....
(Parašas)
.....Giedrė Intaitė.....
(Vardas, pavardė)
.....2011.11.30.....
(Data)

Vilniaus Gedimino technikos universitetas Aplinkos inžinerijos fakultetas Geodezijos ir kadastro katedra	ISBN ISSN Egz. Sk. 1 Data
--	------------------------------------

Geodezijos ir kartografijos studijų programos baigiamasis magistro darbas Pavadinimas: Nekilnojamojo turto kadastro žemėlapis žemės sklypų ribų topologijos optimizavimas Autorius Giedrė Intaitė Vadovas prof. habil. dr. A. Zakarevičius	
	Kalba ☒ X lietuvių ☐ užsienio
Anotacija Baigiamajame darbe nagrinėjami nekilnojamojo turto kadastro žemėlapis žemės sklypų ribų topologiniai nesutapimai, atsirandantys dėl riboženklių koordinačių netikslumų. Nagrinėjama bendras ribas turinčių 5 žemės sklypų grupė, kurios ribos nustatytos kadastrinių matavimų metu, valstybinėje koordinačių sistemoje. Matavimais gautos tų pačių riboženklių koordinačių reikšmės nesutampa dydžiu, kuris yra ne didesnis kaip teisės aktais reglamentuojamas leistinas riboženklių nesutapimas. Nesutapimams panaikinti atliekamas žemės sklypų koordinačių optimizavimas genetinėmis algoritmais. Optimizavimo uždaviniui suformuluoti pasirinkta optimizavimo funkcijų ir ribojimų sistema, paremta teisės aktų reikalavimais. Atliekamas nesutampančių koordinačių optimizavimas, rezultatai analizuojami pagal žemės sklypų plotų pokyčius. Darbe pateikiami tyrimo rezultatai ir išvados. Darbą sudaro: įvadas, keturi skyriai, išvados, literatūros sąrašas. Darbo apimtis – 82 p. teksto be priedų, 25 iliustr., 33 lent., 25 bibliografiniai šaltiniai. Atskirai pridedami darbo priedai.	
Prasminiai žodžiai: Nekilnojamojo turto kadastro žemėlapis, genetinis algoritmas, žemės sklypų ribų topologijos, optimizavimas.	

Vilnius Gedimino technical university Environmental Engineer Faculty Geodesy and cadastral Department	ISBN ISSN Copy no. 1 Date
---	---------------------------------

Geodesy and Cartography studie's programme Master's degree final work Title: Land Sites Topology Optimization of Real Estate Cadastre Map Author: Giedrė Intaitė Executive: prof. habil. dr. A. Zakarevičius	
	Kalba ☒ lietuvių ☐ užsienio

Annotation

In the final work of Master's degree are analysed topological misalignments between Real Estate Cadastre Map parcel boundaries, that occurs due to imprecision of landmark coordinates. The investigation involves a group of 5 parcels with common boundaries, whose cadastral measurements were carried out in the national system of geodetic coordinates. Measured same landmark coordinates, satisfies the required juridical difference between the coordinates of common boundary marks. In order to liquidate misalignments of parcel boundaries, genetic algorithm optimization method of land coordinates is performed.

On purpose to develop optimization task, the optimization condition and limitation system were chosen, according to the juridical requirements. The optimization of misaligned coordinates is performed, results of this investigation are analysed by differences of parcel area.

Structure: introduction, four sections, conclusions, references.

Final work consist of 82 p. text without extras, 25 pictures, 33 tables, 25 bibliographical entries.

Appendixes included.

Key words: The Real Estate cadastre map, genetic algorithm, topology of parcel boundaries, optimization.

Vilniaus Gedimino technikos universiteto egzaminų, sesijų ir
baigiamųjų darbų rengimo bei gynimo organizavimo tvarkos
aprašo 2011-2012 m. m.

1 priedas

(Baigiamojo darbo sąžiningumo deklaracijos forma)

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

Giedrė Intaitė, 20075151

(Studento vardas ir pavardė, studento pažymėjimo Nr.)

Aplinkos inžinerijos fakultetas

(Fakultetas)

Geodezija ir kartografija, KISmf-11

(Studijų programa, akademinė grupė)

**BAIGIAMOJO DARBO (PROJEKTO)
SĄŽININGUMO DEKLARACIJA**

2013 m. birželio 6 d.

Patvirtinu, kad mano baigiamasis darbas tema „Nekilnojamojo turto kadastro žemėlapių sklypų ribų topologijos optimizavimas“ patvirtintas 2011 m. lapkričio 30 d. dekanų potvarkiu Nr. 414ap, yra savarankiškai parašytas. Šiame darbe pateikta medžiaga nėra plagijuota. Tiesiogiai ar netiesiogiai panaudotos kitų šaltinių citatos pažymėtos literatūros nuorodose.

Prenkant ir įvertinant medžiagą bei rengiant baigiamąjį darbą, mane konsultavo mokslininkai ir specialistai: dr. Dainius Rusakevičius. Mano darbo vadovas prof. habil. dr. Algimantas Zakarevičius.

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

(Parašas)

TURINYS

SANTRUMPOS	12
ĮVADAS	13
1. NEKILNOJAMOJO TURTO KADASTRAS IR KADASTRINIAI DUOMENYS.....	15
1.1. Nekilnojamojo turto kadastro informacinė sistema	17
1.2. Nekilnojamojo turto kadastro žemėlapis	18
1.3. Žemės sklypų kadastro duomenų nustatymas.....	20
1.4. Žemės sklypų ribų kadastriniai matavimai	22
1.5. Kadastro duomenų įrašymas į nekilnojamojo turto kadastro duomenų bazę	24
1.6. Žemės sklypų ribų žymėjimas nekilnojamojo turto kadastro žemėlapyje	26
2. ŽEMĖS SKLYPŲ KADASTRO DUOMENŲ NETIKSLUMAI	32
2.1. Kadastro duomenų nustatymo klaidos	32
2.2. Žemės sklypų ribų topologijų neapibrėžtumai.....	34
2.3. Topologinių uždavinių sprendimas taikant optimizavimo metodą.....	36
3. GENETINIAI ALGORITMAI IR JŲ TAIKYMAS	38
3.1. Genetinių algoritmų kilmė ir taikymas.....	38
3.2. Genetinių algoritmų veikimas	39
4. GENETINIO ALGORITMO TAIKYMAS ŽEMĖS SKLYPŲ KOORDINAČIŲ OPTIMIZAVIMUI	42
4.1. Tyrimo objektas	42
4.2. Programos algoritmas	47
4.3. Optimizavimo tikslo funkcija ir ribojimų sistema.....	50
4.4. Pradinė populiacija	54
4.5. Skaičiavimai pagal pirmąją tikslo funkciją	56
4.5.1. Variantų perrinkimas	56
4.5.2. Optimizavimas genetinio algoritmo metodu	59
4.6. Skaičiavimai pagal antrąją optimizavimo funkciją	65
4.6.1. Variantų perrinkimas	65
4.6.2. Optimizavimas genetinio algoritmo metodu	67
4.7. Rezultatų analizė.....	73
4.8. Žemės sklypų topologijų šalinimas optimizuojant 5 riboženklių koordinates	75

IŠVADOS	81
LITERTŪROS SĄRAŠAS.....	83
PRIEDAI	85
1.Priedas. Programos „MATLAB R2009b“ aplinkoje suformuoto genetinio algoritmo optimizavimo uždavinio programinė kalba	86
2.Priedas. 15-osios Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijos „Civilinė inžinerija ir geodezija“ dienotvarkė.....	88

LENTELIŲ SĄRAŠAS

- 2.1 lentelė.** Žemės sklypų ribų klaidų reikšmės ir aprašymai
- 4.1 lentelė.** Žemės sklypų riboženklių koordinatės valstybinėje koordinačių sistemoje
- 4.2 lentelė.** Sklypų bloko riboženklių koordinatės valstybinėje koordinačių sistemoje
- 4.3 lentelė.** Nesutapimų reikšmės
- 4.4 lentelė.** Apibendrinta genetinio algoritmo schema
- 4.5 lentelė.** Genetiniu algoritmu apskaičiuotos $X_{\min}$, $Y_{\min}$ ir $X_{\max}$, $Y_{\max}$ reikšmės
- 4.6 lentelė.** Genetinio algoritmo standartiniai parametrai
- 4.7 lentelė.** Žemės sklypų ir bloko plotų reikšmės
- 4.8 lentelė.** Topologiškai nesutampančių riboženklių koordinatės ir jų vidutinės reikšmės
- 4.9 lentelė.** Variantų perrinkimo algoritmo skaičiavimų rezultatai
- 4.10 lentelė.** Optimalios koordinačių reikšmės nustatytos variantų perrinkimo algoritmu
- 4.11 lentelė.** Žemės sklypų plotų palyginimas prieš ir po skaičiavimo variantų perrinkimo metodu
- 4.12 lentelė.** Pradinės populiacijos generavimo etapo rezultatų ištrauka
- 4.13 lentelė.** Populiacijos kryžminimo etapo rezultatų ištrauka
- 4.14 lentelė.** Mutacijos stadijos rezultatų ištrauka
- 4.15 lentelė.** Optimizuotų koordinačių reikšmių pralyginimas su pradinėmis koordinačių reikšmėmis
- 4.16 lentelė.** Optimizuotų koordinačių ir ribojimų reikšmių palyginimas
- 4.17 lentelė.** Optimizuotų ir pradinių plotų palyginimas
- 4.18 lentelė.** Variantų perrinkimo algoritmo skaičiavimų rezultatai
- 4.19 lentelė.** Optimalios koordinačių reikšmės nustatytos variantų perrinkimo algoritmu

- 4.20 lentelė.** Žemės sklypų plotų palyginimas prieš ir po skaičiavimo variantų perrinkimo metodu
- 4.21 lentelė.** Pradinės populiacijos generavimo etapo rezultatų ištrauka
- 4.22 lentelė.** Populiacijos kryžminimo etapo rezultatų ištrauka
- 4.23 lentelė.** Mutacijos stadijos rezultatų ištrauka
- 4.24 lentelė.** Optimizuotų koordinatų reikšmių pralyginimas su pradinėmis koordinatų reikšmėmis
- 4.25 lentelė.** Optimizuotų koordinatų ir ribojimų reikšmių palyginimas
- 4.26 lentelė.** Optimizuotų ir pradinių plotų palyginimas
- 4.27 lentelė.** Optimizavimo rezultatų palyginimas
- 4.28 lentelė.** Žemės sklypų plotų skirtumai prieš ir po optimizavimo
- 4.29 lentelė.** Optimizuojamų koordinatų ribinės reikšmės
- 4.30 lentelė.** Optimizuotų koordinatų reikšmių pralyginimas su pradinėmis koordinatų reikšmėmis
- 4.31 lentelė.** Optimizuotų koordinatų ir ribojimų reikšmių palyginimas
- 4.32 lentelė.** Optimizuotų ir pradinių plotų palyginimas

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

- 2.1 pav.** Nesutapimai tarp žemės sklypų ribų
- 2.2 pav.** Skirtumas tarp to paties riboženklis koordinatų
- 2.3 pav.** Leistinas žemės sklypų kirtimasis
- 2.4 pav.** Leistinas žemės sklypų nesutapimas
- 2.5 pav.** Programoje ArcMap gautas pranešimas apie žemės sklypų ribų topologiją
- 3.1 pav.** Genetiniai algoritmai tampa vis paklausesni įvairiose srityse
- 3.2 pav.** Genetinio algoritmo principinė veikimo schema
- 3.3 pav.** Naujos populiacijos kūrimo supaprastinta schema
- 4.1 pav.** Nagrinėjamų žemės sklypų grupė
- 4.2 pav.** Nagrinėjamos žemės sklypų grupės topologiniai neapibrėžtumai
- 4.3 pav.** Žemės sklypų A ir B nesutampančių koordinatų reikšmės
- 4.3 pav.** Žemės sklypų A ir B nesutampančių koordinatų reikšmės
- 4.5 pav.** Žemės sklypų A, C ir E nesutampančių koordinatų reikšmės
- 4.6 pav.** Žemės sklypų C, D ir E nesutampančių koordinatų reikšmės
- 4.7 pav.** Ribojimų aibių sankirtos erdvė
- 4.8 pav.** Genetinio algoritmo parametrų nustatymas
- 4.9 pav.** Optimizavimo funkcijos rezultatai programos „MATLAB R2009b“ lange
- 4.10 pav.** Optimizavimo funkcijos reikšmių kitimas
- 4.11 pav.** Genetinio algoritmo parametrų nustatymas
- 4.12 pav.** Optimizavimo funkcijos rezultatai programos „MATLAB R2009b“ lange
- 4.13 pav.** Optimizavimo funkcijos reikšmių kitimas
- 4.14 pav.** Žemės sklypų grupė su 5 optimizuojamais riboženkliais
- 4.15 pav.** Optimizavimo funkcijos rezultatai programos „MATLAB R2009b“ lange
- 4.16 pav.** Optimizavimo funkcijos reikšmių kitimas
- 4.17 pav.** Panaikinti topologiniai neapibrėžtumai

SANTRUMPOS

LR - Lietuvos Respublika;

Kadastro nuostatai - Lietuvos Respublikos Vyriausybės 2002 m. balandžio 15 d. nutarimu Nr. 534 patvirtinti Lietuvos Respublikos nekilnojamojo turto kadastro nuostatai (Žin., 2002, Nr. 41-1539);

Techniniai reikalavimai – Nekilnojamojo daikto ribų žymėjimo nekilnojamojo turto kadastro žemėlapyje ir kadastro žemėlapių tikslinimo techniniai reikalavimai;

GA – genetinis algoritmas;

m – metras;

Nr. – numeris;

pav. – paveikslas;

pvz – pavyzdžiui;

t.y. – tai yra;

t.t. – taip toliau;

IVADAS

Nekilnojamojo turto kadastras – tai gyvybiškai svarbus veiksnys tinkamam šalies žemės valdymui. Būtina efektyvaus nekilnojamojo turto administravimo sąlyga – tai geografinė informacija, teikianti svarbius duomenis apie nekilnojamojo turto objekto geografinę padėtį, konfiguraciją, plotą ar ilgį. Tokie duomenys yra nustatomi atliekant kadastrinius matavimus, t.y. – nustatoma nekilnojamojo daikto tapatybė, žemės sklypo ribų posūkio taškų ir statinių fizinių ribų koordinatės, geometriniai matmenys ir techniniai nekilnojamųjų daiktų parametrai, apskaičiuojamas žemės sklypo ir jame esančių žemės naudmenų plotas ir kiti šį daiktą apibūdinantys kadastro duomenys. Šie matavimai yra atliekami valstybinėje koordinacių sistemoje – Lietuvos koordinacių sistemoje (LKS-94), nustatant žemės sklypų ribų posūkio taškų ir riboženklių koordinates, kadastro nuostatų nustatyta tvarka.

Atliekant kadastrinius matavimus gali atsirasti įvairių klaidų dėl prietaisų netikslumų ir prastos kartografavimo darbų kokybės, naudojamos kartografinės medžiagos, koordinacių matavimo bei plotų skaičiavimo nepakankamo tikslumo ar darbų atliekančių asmenų sisteminių ar atsitiktinių klaidų. Dėl minėtų ir keleto kitų faktorių, sudaranti ir tikslinant kadastro žemėlapi, dažnai susiduriama su žemės sklypų ribų netikslumais (neatitikimais, persidengimais ir pan.) – žemės sklypų ribų topologijų neapibrėžtumais. Norint išvengti ar bent sumažinti šiuos netikslumus yra taikomi įvairūs optimizavimo metodai.

Šio baigiamojo darbo tikslas - ištirti genetiniu algoritmu paremtą topologijos optimizavimo metodą ir jo taikymą formuojant žemės sklypų ribas nekilnojamojo turto kadastro žemėlapyje.

Darbo tikslui pasiekti sprendžiami šie pagrindiniai uždaviniai :

- išanalizuoti genetinių algoritmų taikymo galimybes žemės sklypų riboženklių koordinacių optimizavimui atlikti;
- rasti geriausią genetinio algoritmo uždavinio metodą, kuriuo remiantis nekilnojamųjų daiktų ribų žymėjimo kadastro žemėlapyje proceso metu, būtų galima išvengti kadastro tvarkytojo subjektyvumo ir sistemingųjų paklaidų kaupimosi;
- suformuoti optimizavimo uždavinį taip, kad gauti rezultatai atitiktų teisės aktuose apibrėžtus kadastrinių matavimų ir žemės sklypų žymėjimo nekilnojamojo turto kadastro žemėlapyje tikslumo reikalavimus.

Tyrimo objektas – Vilniaus rajono savivaldybėje esančių 5 žemės ūkio paskirties žemės sklypų grupė, kurios ribos nustatytos valstybinėje koordinacių sistemoje (LKS – 94), kadastrinių matavimų metu,

tačiau tų pačių riboženklių koordinatų reikšmės nesutampa dydžiu, ne didesniu kaip reglamentuojamas leistinas bendrų riboženklių koordinatų skirtumas kitose, ne miesto, teritorijose.

Tyrimo metodas – analitinis ir empirinis.

Tyrimo aktualumas – nekilnojamojo turto savininkų ginčai dėl žemės sklypų ribų nesutapimų visais laikais buvo aktuali problema. Genetinis algoritmas yra itin perspektyvus duomenų analizės metodas, inžineriniuose tyrimuose taikomas optimizavimo uždavinių sprendimui.

Mokslinis naujumas – patobulintas genetinio algoritmo taikymas optimizuojant žemės sklypų ribas kadastriniame žemėlapyje.

Praktinio taikymo galimybės – genetinio algoritmo pagrindu parengtą optimizavimo algoritmą galima taikyti formuojant žemės sklypų ribas kadastriniame žemėlapyje esant riboženklių koordinatų nevienareikšmiškumams.

Darbo struktūra. Darbą sudaro įvadas, keturi skyriai, išvados ir literatūros sąrašas.

Pirmajame skyriuje išnagrinėta LR nekilnojamojo turto kadastro sistema, kadastro duomenų bazė ir kadastro žemėlapio sandara. Apibendrinti nekilnojamąjį daiktą identifikuojantys kadastro duomenys, jų nustatymo ir įvedimo į kadastro žemėlapi metodai.

Antrajame skyriuje apžvelgtos žemės sklypų nustatymo ir įvedimo į nekilnojamojo turto kadastro žemėlapi klaidos, ir dėl jų atsirandantys žemės sklypų topologiniai neapibrėžtumai.

Trečiajame skyriuje supažindinama su genetinio algoritmo kilme, metodika ir veikimo principu.

Ketvirtajame skyriuje pritaikius genetini algoritmą atliktas eksperimentinis žemės sklypų nesutampančių koordinatų optimizavimo tyrimas. Optimizavimo uždaviniui suformuluoti, remiantis teisės aktais, parinktos optimizavimo funkcijos ir ribojimų sistema, kurių pagrindu atliktas tyrimas. Atlikus eksperimentą pagal dvi skirtingas optimizavimo funkcijas ir apibendrinus gautus rezultatus, nustatyta kuri yra tinkamesnė žemės sklypų topologijų šalinimui. Naudojant tinkamiausią optimizavimo sąlygą atlikti skaičiavimai siekiant gauti geriausią optimizavimo rezultatą.

Darbo pabaigoje pateiktos išvados ir literatūros sąrašas.

Prieduose pateikiama 15-osios Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijos „Civilinė inžinerija ir geodezija“ programa ir programos „MATLAB R2009b“ aplinkoje suformuoto genetinio algoritmo optimizavimo uždavinio programinė kalba.

1. NEKILNOJAMOJO TURTO KADASTRAS IR KADASTRINIAI DUOMENYS

Nekilnojamojo turto kadastras – susistemintas ir metodiškai sutvarkytas nekilnojamųjų daiktų grafinių ir atributinių duomenų rinkinys (valstybinėje koordinačių sistemoje), saugomas kompiuterių laikmenose, kuriuo galima naudotis elektroniniu ar kitu būdu [11]. Pagrindinė jo paskirtis – tai vieningas valstybinių duomenų fiksavimas apie nekilnojamąjį turtą bei atskirus jo objektus.

Lietuvos Respublikos Nekilnojamojo turto kadastro įstatymo 5 straipsnyje nurodyta, kas yra nekilnojamojo turto objektai – tai nekilnojamieji daiktai:

1. žemės sklypas;
2. statinys (taip pat nebaigtas statyti), kurio statybai ar rekonstravimui reikalingas leidimas statyti naują statinį ar leidimas rekonstruoti statinį;
3. patalpa, suformuota kaip atskiras nekilnojamasis daiktas.

Nekilnojamojo daikto kadastriniai matavimai – veiksmai, kuriais nustatoma nekilnojamojo daikto tapatybė, žemės sklypo ribų posūkio taškų ir statinių fizinių ribų koordinatės, geometriniai matmenys ir techniniai nekilnojamųjų daiktų parametrai, apskaičiuojamas žemės sklypo ir jame esančių žemės naudmenų plotas ir kiti šį daiktą apibūdinantys kadastro duomenys [11].

Tam, kad iš tarpusavyje sujungti ir su žeme susieti statybos produktai virstų nekilnojamuoju daiktu, galinčiu būti civilinės apyvartos dalyku, būtina atlikti jo kadastrinius matavimus ir teisinę registraciją. Nekilnojamasis daiktas yra laikomas suformuotu ir įregistruotu LR nekilnojamojo turto registre, kai kadastro duomenys, nustatyti atliekant kadastrinius matavimus, yra įrašomi į LR nekilnojamojo turto kadastrą. Atskirai LR nekilnojamojo turto registre turi būti įregistruotos ir savininko nuosavybės teisės į tokį statinį.

Nuosavybės teisių registracija LR nekilnojamojo turto registre yra svarbi dėl kelių priežasčių:

1. nekilnojamojo daikto ir teisių į jį įregistravimas yra būtina sąlyga tokio daikto pripažinimui civilinių teisių objektu ir jo naudojimui (pvz., savininkas gali disponuoti tik LR nekilnojamojo turto registre įregistruotu nekilnojamuoju daiktu);
2. visi LR nekilnojamojo turto registre esantys duomenys nuo įrašymo laikomi teisingais ir išsamiais, kol jie nenuginčyti įstatymų nustatyta tvarka [16].

Nuosavybės teisės į nekilnojamąjį turtą, taip pat pagrindines asmenų laisves ir teises įtvirtina Lietuvos Respublikos Konstitucija, kuri numato kas šalyje gali įgyti nuosavybės teisę į nekilnojamąjį turtą [10].

Lietuvos Respublikos civilinis kodeksas [9] reglamentuoja visus civilinius teisinius santykius susijusius su nekilnojamuoju turtu ir nustatė kad nuosavybės teisė į žemės sklypą taip pat apima teisę į pastatus ir kitus statinius esančius tame sklype.

Civilinis kodeksas išskiria šias daiktines teises:

- nuosavybės teisė – plačiausia savo turiniu teisė: apima valdymo, naudojimo ir disponavimo teises, užtikrina absoliutų viešpatavimą daiktui;
- valdymas kaip savarankiška daiktinė teisė – faktinis daikto turėjimas turint tikslą jį valdyti kaip savą. Pagrindas nuosavybės teisei įgyti įgyjamosios senaties būdu. Daikto valdymas nelaikomas savarankiška daiktine teise, kai faktinis daikto turėtojas daikto valdytoju ar savininku pripažįsta kitą asmenį ir t.t

Įstatymas, reglamentuojantis žemės nuosavybę, jos tvarkymą ir naudojimą yra 1994 m. priimtas Žemės įstatymas. Kiti svarbiausi įstatymai, pagrindžiantys Lietuvos piliečių nuosavybės teises į žemę yra Žemės įstatymo pagrindiniai teiginiai, Žemės reformos įstatymas ir Piliečių nuosavybės teisių į išlikusį nekilnojamąjį turtą atkūrimą įstatymas.

Bendrasis teisės aktas, kuriuo vadovaujantis atliekami žemės ir statinių kadastriniai matavimai bei registravimas Valstybinėje įmonėje „Nekilnojamojo turto registrų centras“ yra Lietuvos Respublikos Nekilnojamojo turto kadastro įstatymas [11]. Jis reglamentuoja nekilnojamųjų daiktų, registruojamų Nekilnojamojo turto registre, kadastro duomenų nustatymą, jų įrašymą į nekilnojamojo turto kadastrą, nekilnojamojo turto kadastro statusą, šio kadastro steigimą, tvarkymą, reorganizavimą ir likvidavimą. Nekilnojamojo turto kadastro įstatymas reglamentuoja žemės sklypų, pastatų (inžinerinių statinių), kito nekilnojamojo turto duomenų surinkimą, atnaujinimą, nekilnojamojo turto duomenų bazės tvarką, apibrėžia jo teisinį statusą.

Nekilnojamojo turto registro įstatymas [12] reglamentuoja žemės pastatų ir kito nekilnojamojo turto teisių į juos bei juridinių faktų registravimą, apibrėžia nekilnojamojo turto registro statusą, jo steigimą ir tvarkymą, duomenų ir informacijos teikimą.

Lietuvos Respublikos Nekilnojamojo turto kadastro nuostatai [13] reglamentuoja nekilnojamojo turto kadastro ir jo objektus, kadastro tvarkytojo funkcijas, teises ir pareigas, nekilnojamųjų daiktų, registruojamų Nekilnojamojo turto registre, įrašymo į kadastrą, nekilnojamojo daikto planų ir kadastro duomenų, formų, turinio ir parengimo bei kadastro duomenų bylos suformavimo, žemės sklypų ribų posūkio taškų koordinatų nustatymo atliekant kadastrinius matavimus, kadastre įrašytų duomenų pakeitimo, prašymų įrašyti nekilnojamojo daikto kadastro duomenis į kadastrą ar juos pakeisti pateikimo ir nagrinėjimo, nekilnojamojo daikto pažymėjimo kadastro žemėlapyje, nekilnojamojo turto kadastro

žemėlapiu tikslinimo, kadastro sąveikos su kitais valstybės registrais ir kadastrais, kadastro duomenų naudojimo, kadastru įrašytų duomenų suvestinių rengimo, kadastro duomenų perdavimo į užsienio valstybes, kadastro duomenų saugos, finansavimo, reorganizavimo ir likvidavimo tvarką. Remiantis kadastro nuostatais kadastro tvarkytojas prieš įrašydamas nekilnojamojų daiktų kadastro duomenis į nekilnojamojo turto kadastrą, pažymi šiuos daiktus nekilnojamojo turto kadastro žemėlapyje.

Nekilnojamojo turto objektų ribų pažymėjimo kadastro žemėlapyje taisyklės [18] reglamentuoja suformuotų ar tikslinamų, atliekant kadastrinius matavimus, nekilnojamojo turto objektų ribų pažymėjimą kadastro žemėlapyje ir jau pažymėtų kadastro žemėlapyje nekilnojamojo turto objektų ribų tikslinimą.

Nekilnojamojo daikto kadastrinių matavimų metu nustatomi nekilnojamojo daikto kadastro duomenys, nurodyti Lietuvos Respublikos nekilnojamojo turto kadastro įstatymo 6 straipsnyje [11].

1.1. Nekilnojamojo turto kadastro informacinė sistema

Lietuvos Respublikos kadastro sistemos pagrindas yra išmatuotas žemės sklypas. Ši sistema apibūdina nekilnojamojo turto objektus – žemės sklypus, statinius, patalpas ir inžinerinius įrenginius. Jos esmė yra padėti išsiaiškinti – kur yra nekilnojamojo turto objektas ir kokios kiekybinės jo charakteristikos [4].

Lietuvoje nekilnojamojo turto kadastrą ir registrą sudaro šios pagrindinės dalys :

- aprašomieji duomenys, t.y. turto, jo padėties, taip pat pagrindinių kiekybinių ir kokybinių charakteristikų, naudojimo tipo, vertės ir kainos aprašymas;
- teisiniai duomenys, t.y. informacija apie turto savininką, turėtoją ar valdytoją, turto valdymo pobūdį (nuosavybės, nuomos, patikėjimo ar kitos teisės), valdymo teisės apsunkinimus bei kiti atitinkami duomenys;
- juridiniai faktai;
- grafinis aprašymas, t.y. kadastro žemėlapis [16].

Nekilnojamojo turto kadastro informacinė sistema – kompiuterinė techninių ir programinių priemonių ir geoduomenų visuma, skirta geoduomenų valdymui. Kadastro informacinių sistemų esmė – nekilnojamojo turto kadastro duomenų bazių kūrimas, duomenų bazių kūrimo technologijų tobulinimas, atsižvelgiant į geodezinių ir kadastrinių matavimų naujausius metodus, valstybės kadastro ir registro informacinių sistemų eksploatavimas bei pateikimas vartotojui. Norint sudaryti techniškai ir ekonomiškai pagrįstas kadastro duomenų bazes, reikalingas optimalus geodezinių matavimų derinimas su kita kadastrui

reikalinga informacija, atsižvelgiant į nekilnojamojo turto objektų formavimo teisinius ir techninius reikalavimus. Kad būtų galima atlikti metodiškai ir teisiškai pagrįstą nekilnojamojo turto registravimą, turi būti naudojami nekilnojamojo turto objektų lokalizavimo, erdvinės padėties kadastro žemėlapių modeliavimo informacinėse sistemose metodai bei kiti kadastrinės informacijos rengimo būdai.

Lietuvoje sukurta integruota daugiatislio nekilnojamojo turto kadastro ir registro sistema, kurioje kadastro ir registro duomenys saugomi vienoje centrinėje duomenų bazėje. Šalyje ši sistema pradėta kurti 1992 m., įgyvendinus kompiuterizuotą žemės registravimą. Nuo 1997 m. ši sistema funkcionuoja viename padalinyje – valstybės įmonėje Registrų centras, kuri iki 2003 m., balandžio 1 d. vadinosi Žemės ir kito nekilnojamojo turto kadastro ir registro valstybės įmonė. Šioje įmonėje duomenys apie žemę, pastatus, statinius, patalpas ir butus integruoti į vieną nekilnojamojo turto informacinę sistemą. Ši sistema garantuoja įregistruotų teisių į nekilnojamuosius daiktus apsaugą, remia teisėtą nekilnojamųjų daiktų perleidimą, taip pat gali prisidėti prie nacionalinės nekilnojamojo turto politikos kūrimo bei skatinti nekilnojamojo turto ir kredito rinkos plėtrą šalyje.

Valstybės įmonė Registrų yra Nekilnojamojo turto kadastro tvarkytojas. Ji yra atsakinga už nekilnojamųjų daiktų bei teisių į juos registravimą, tvarko Nekilnojamojo turto kadastrą ir Nekilnojamojo turto registrą. Kadastro darbams metodiškai vadovauja Nacionalinė žemės tarnyba prie Žemės ūkio ministerijos. Nekilnojamųjų daiktų kadastro duomenis į kadastrą įrašo ir juos tvarko kadastro tvarkytojo struktūrinių padalinių – filialų ir filialų skyrių, esančių apskrįčių centruose ir savivaldybėse – darbuotojai [4]. Kadastro tvarkytojas įstatymų nustatyta tvarka atsako, kad nekilnojamojo turto kadastre kaupiami duomenys atitiktų dokumentus, kurių pagrindu jie buvo įrašyti, ir už šių duomenų apsaugą.

1.2. Nekilnojamojo turto kadastro žemėlapis

Nekilnojamojo turto kadastro žemėlapis – nekilnojamojo turto kadastro grafinė dalis, kurioje parodoma nekilnojamojo turto kadastre įrašytų nekilnojamųjų daiktų vieta ir ribos valstybinėje koordinatinių sistemoje. Ši informacija pateikiama skaitmenimis, grafiniais elementais [11].

Kadastro žemėlapis apima visą Lietuvos Respublikos teritoriją. Jį sudarantys pagrindiniai grafiniai sluoksniai:

1. georeferenciniai duomenys: vektorinė ar rastrinė kartografinė medžiaga; valstybinio ir vietinio geodezinio pagrindo taškų, susietų su valstybine koordinatinių sistema, koordinatės ir kita šiuos taškus apibūdinanti atributinė informacija;
2. administracinių vienetų ribų, pavadinimų, kodų;
3. gyvenamųjų vietovių ribų, pavadinimų, kodų;

4. kadastro vietovių ribų, pavadinimų, kodų;
5. kadastro blokų ribų, pavadinimų, kodų;
6. žemės sklypų ribų, šių ribų posūkio taškų koordinatinių valstybinėje koordinatinių sistemoje ir jų unikalių bei kadastro numerių;

Tai nekilnojamojo turto kadastro žemėlapis slauksnis, kuriame registruojant žemės sklypus, grafiškai pažymimos šių sklypų ribos ir įrašomi koordinuoti ribų posūkio taškai (riboženkliai).

7. pastatų kontūrų ar centro taškų koordinatinių valstybinėje koordinatinių sistemoje ir unikalių numerių;
8. inžinerinių statinių (tiesinių) kontūrų ar ašinių linijų, jų pradžios, pabaigos ir posūkio taškų koordinatinių valstybinėje koordinatinių sistemoje ir unikalių numerių;
9. nekilnojamojo daikto rinkos verčių, nustatytų masinio vertinimo būdu, zonų, pavadinimų, kodų.;
10. vektorinės ir rastrinės kartografinės medžiagos [11].

Nekilnojamojo turto kadastro žemėlapis naudojamas teritorijų planavimo, žemėtvarkos projektų rengimo darbams, kitiems kadastrams bei registrams, nustatant nekilnojamojo turto apmokestinimą ir kitiems tikslams, kadangi naudojant geografinės informacinės sistemos (GIS) technologijas, grafinę informaciją galima kaupti atskirais slauksniais, todėl galima atlikti paiešką visuose duomenų slauksniuose ir surinkti visą reikiamą informaciją apie tam tikrą žemės sklypą ar teritoriją, kuri yra norint registruoti nekilnojamąjį daiktą ir teises į jį, užtikrinti nekilnojamojo turto registro ir nekilnojamojo turto duomenų teisingumą.

Bazinę kartografinę medžiagą ir valstybinio geodezinio pagrindo taškų, taip pat vietinio geodezinio pagrindo, susijusio su valstybine koordinatinių sistema, taškų koordinates ir kitą juos apibūdinančią informaciją, kurios reikia kadastro žemėlapiui, kadastro tvarkytojui teikia Nacionalinė žemės tarnyba.

VĮ „Registų centras“ realizuota speciali skaitmeninio kadastro žemėlapis teikimo internetu programinė aplikacija, kurios pagalba vartotojas internetu gali gauti ne tik reikiamą informaciją apie nekilnojamojo turto objektus, bet ir kadastro žemėlapis fragmentus su šiais objektais. Kadangi kadastro žemėlapis dar yra kaip pagrindas naujiems geoobjektams kurti (pvz., matininkai gali naudoti žemės sklypų ribų derinimui), todėl yra būtina gerinti kadastro žemėlapis kokybę, kad nebūtų problemų su sklypų ribomis (panaikinti žemės sklypų ribų topologinius neapibrėžtumus), turimi duomenys atitiktų realią situaciją vietovėje [6].

1.3. Žemės sklypų kadastro duomenų nustatymas

Nekilnojamojo daikto kadastro duomenų nustatymas – nekilnojamojo daikto kadastriniai matavimai ar kiti teisės aktų nustatyti veiksmai, dokumentų, kurių reikia naujo nekilnojamojo daikto kadastro duomenims įrašyti į nekilnojamojo turto kadastrą ar jau įrašytiems duomenims pakeisti, ir nekilnojamojo daikto kadastro duomenų bylos parengimas ar jau sudarytos bylos papildymas [11].

Nekilnojamojo turto kadastro nuostatai numato, jog nekilnojamųjų daiktų kadastro duomenis nustato matininkai arba matininkai ekspertai, o formuojant žemės sklypus kaimo gyvenamosiose vietovėse nuosavybės teisėms atkurti ir asmeniniam ūkiui kadastro duomenis gali nustatyti ir asmenys, turintys kvalifikacinius leidimus, išduotus Lietuvos Respublikos Vyriausybės 1997 m. spalio 7 d. nutarimo Nr. 1093 „Dėl Kvalifikacinių leidimų dirbti žemės reformos žemėtvarkos darbus išdavimo tvarkos patvirtinimo“ (Žin., 1997, Nr. 92-2311) nustatyta tvarka.

Nekilnojamojo daikto kadastro nuostatai numato duomenų nustatymo pagrindas yra užsakovo ir vykdytojo sutartis, jeigu kitaip nenumatyta įstatymuose ir kituose teisės aktuose.

Atliekant žemės sklypų ribų kadastrinius matavimus yra būtinas žemės sklypų susiejimas su geodeziniu pagrindu. Bent du gretimo žemės sklypo riboženkliai būtina susieti su valstybiniu geodeziniu tinklu arba (miestuose, miesteliuose, užstatytoje kaimo vietovėje) su vietiniu geodeziniu tinklu, turinčiu ryšį su valstybiniu tinklu (LKS-94).

Nekilnojamojo turto kadastro įstatymo 6 straipsnio 1 dalis numato, jog į Nekilnojamojo turto kadastrą įrašomi tokie žemės sklypų kadastro duomenys:

- 1) kadastro vietovės pavadinimas ir kodas, kadastro bloko kodas, žemės sklypo bloke numeris (žemės sklypo kadastro numeris), kurį Kadastro nuostatų nustatyta tvarka suteikia Kadastro tvarkytojas;
- 2) unikalus žemės sklypo numeris, kurį Kadastro nuostatų nustatyta tvarka suteikia Kadastro tvarkytojas ir kuris nekinta visą žemės sklypo egzistavimo laiką;
- 3) pagrindinė tikslinė žemės naudojimo paskirtis;
- 4) žemės sklypo naudojimo būdas ir pobūdis;
- 5) žemės sklypo plotas;
- 6) žemės sklypo ploto sudėtis pagal žemės naudmenų rūšis: žemės ūkio naudmenos, kurias sudaro ariamoji žemė, sodai, pievos ir natūralios ganyklos; miško žemė; keliai; užstatyta teritorija; žemė, užimta vandens telkinių; kita žemė, kurią sudaro medžių ir krūmų želdiniai, pelkės, pažeista žemė ir kita nenaudojama žemė;
- 7) žemės plotas su melioracijos įrenginiais: nusausinga žemė; drėkinama žemė;

- 8) žemės ūkio naudmenų kokybės įvertinimas, išreikštas našumo balu;
- 9) žemės naudojimo specialiosios sąlygos ir saugomų teritorijų apsaugos reglamentai;
- 10) saugomos teritorijos, kurioje yra kultūros paminklų ir kultūros vertybių, duomenys;
- 11) žemės sklypo vertės, nustatytos Vyriausybės nustatyta tvarka; verčių nustatymo datos;
- 12) įsigijimo kaina ir įsigijimo data;
- 13) žemės sklypo ribų posūkio taškų koordinatės valstybinėje koordinatinių sistemoje;
- 14) žemės sklypo kadastro duomenų nustatymo data;
- 15) kiti teisės aktų nustatyti duomenys [11].

Žemės sklypo ribos tarp ribų posūkio taškų, įskaitant tas, kurios ribojasi su natūraliais kontūrais, turi sudaryti vieną uždarą kontūrą, pagal kurio ribų posūkio taškų koordinatės apskaičiuojamas žemės sklypo plotas. Žemės sklypo plotas, apskaičiuotas nustačius nekilnojamojo daikto kadastro duomenis atliekant kadastrinius matavimus tomis pačiomis ribomis naudojant tikslesnes už ankstesnių matavimų priemones, gali skirtis nuo Nekilnojamojo turto registre įregistruoto žemės sklypo ploto arba teritorijų planavimo dokumente suprojektuoto, bet neįregistruoto Nekilnojamojo turto registre žemės sklypo ploto ne daugiau kaip maksimali leistina (ribinė) ploto paklaida.

Žemės sklypo kadastro duomenų nustatymo metu:

- 1) nustatomos ir riboženkliais paženklinamos (jeigu anksčiau tai nebuvo atlikta) žemės sklypo ribos arba atstatomi sunaikinti anksčiau paženklintų žemės sklypo ribų riboženkliai, kurių standartus ir ženklinimo taisyklės nustato Vyriausybės įgaliota institucija. Paženklinus žemės sklypo ribas, surašomas žemės sklypo ribų paženkinimo – parodymo aktas, kuris yra neatsiejama Nekilnojamojo daikto kadastro duomenų bylos dalis;
- 2) kadastriniais matavimais nustatomos žemės sklypo ribų posūkio taškų ir riboženklių bei statinių kontūrų koordinatės valstybinėje koordinatinių sistemoje;
- 3) kartografuojamos faktinės žemės naudmenos;
- 4) apskaičiuojamas bendras žemės sklypo plotas bei žemės naudmenų plotai;
- 5) parengiamas žemės sklypo planas;
- 6) apskaičiuojama žemės sklypo vertė Vyriausybės nustatyta tvarka;
- 7) užpildoma žemės sklypo kadastro duomenų forma;

- 8) parengiama nekilnojamojo daikto kadastro duomenų byla [11].

Nekilnojamojo turto kadastro duomenys kaupiami centriniame duomenų banke, kuriame saugoma informacija apie nekilnojamojo turto objektus ir teises į juos.

1.4. Žemės sklypų ribų kadastriniai matavimai

Tikslią žemės plotų apskaitą lemia žemės plotų ir sklypų ribų nustatymas. Kad būtų išvengta tyčinių ar netyčinių nesusipratimų, būtina nustatyti tikslias sklypų ribas. Nustatant ribas negalima apsiriboti matavimais bei kartografija, būtina ribas pažymėti vietoje specialiai tam skirtais riboženkliais. Valstybė įpareigoja žemės naudotojus šiuos ženklus saugoti. Tik minėtoms sąlygoms esant, galimas žemės sklypo arba žemėnaudų registravimas valstybiniame žemės registre. Žemę užregistravę sklypo naudotojai tampa pilnateisiais savininkais ir gali visiškai, o nuomininkai iš dalies disponuoti žeme [2].

Žemės sklypų kadastriniai matavimai atliekami nustatant žemės sklypų ribų posūkio taškų ir riboženklių koordinates valstybinėje koordinačių sistemoje [11]. Šie matavimai atliekami:

- 1) įregistruotus Nekilnojamojo turto registre žemės sklypus padalijant, atidalijant, sujungiant ir atliekant jų amalgamaciją;
- 2) keičiant įregistruotų Nekilnojamojo turto registre žemės sklypų, kurių ribų posūkio taškų ir riboženklių koordinatės nenustatytos valstybinėje geodezinių koordinačių sistemoje ar su šia sistema susietose vietinėse koordinačių sistemose, pagrindinę tikslinę žemės naudojimo paskirtį, būdą ir (ar) pobūdį;
- 3) formuojant valstybinės žemės sklypus (išskyrus žemės sklypus nuosavybės teisėms atkurti ir asmeniniam ūkiui kaimo gyvenamosiose vietovėse);
- 4) perleidžiant kitų asmenų nuosavybėn miestuose esančius privačios žemės sklypus (jų dalis), kurių ribų posūkio taškų ir riboženklių koordinatės nenustatytos valstybinėje geodezinių koordinačių sistemoje ar su šia sistema susietose vietinėse koordinačių sistemose;
- 5) žemės sklypo savininkui ar valstybinės žemės naudotojui pageidaujant [13].

Atliekant žemės kadastrinius matavimus itin svarbu yra nustatyti jos charakteristikas. Viena iš svarbiausių charakteristikų – žemės našumo balas. Tai vienas žemės kokybės rodiklis, kuris nusako jos naudingumą žemės ūkio produkcijai auginti. Respublikinio pavaldumo miestams nustatytas vidutinis respublikos žemių našumo balas – 40, sodų bendrijų žemėms – 28 [3].

Žemės sklypų ribų kadastrinių matavimų metu atliekami tokie nekilnojamojo turto kadastro nuostatų numatyti veiksmai:

- 1) nustatomos ir riboženkliais paženklinamos (jeigu anksčiau tai nebuvo atlikta) žemės sklypo ribos arba atstatomi sunaikinti anksčiau paženklintų žemės sklypo ribų riboženkliai. Žemės sklypo ribos vietovėje paženklinamos dalyvaujant žemės sklypo savininkui (esamajam arba būsimajam) arba jo įgaliotam asmeniui, taip pat suinteresuotiems asmenims – gretimų sklypų savininkams arba jų įgaliotiems asmenims;
- 2) kadastriniais matavimais nustatomos žemės sklypo ribų posūkio taškų, riboženklių ir ne mažiau kaip dviejų kiekvieno sklype esančio statinio (išskyrus laikiną statinį) kerčių koordinatės valstybinėje koordinačių sistemoje, užtikrinant, kad pagal statinio matavimus būtų galima nustatyti jo išorinį kontūrą;

2.1) bent du žemės sklypo riboženklus būtina susieti su valstybiniu geodeziniu pagrindu, nurodant geodezinio punkto kodą arba numerį ir pavadinimą. Jeigu kadastriniai matavimai atliekami nuo LitPOS, nurodomas matavimų sesijos, prisijungiant prie LitPOS, laikas;

2.2) matavimai atliekami GPS prietaisais, planimetriniais ėjimais, linijinėmis kampinėmis sankirtomis, mikrotrianguliacija ir kitais matavimais, jeigu jų tikslumas atitinka šiuos reikalavimus:

2.2.1) susiejant su geodeziniu pagrindu GPS prietaisais, koordinačių nustatymo valstybinio geodezinio pagrindo punktų atžvilgiu vidutinė kvadratinė klaida neturi viršyti 0.1 metro, kai susiejami žemės ūkio ir miškų ūkio paskirties žemės sklypai, sklypai kaimuose ir miesteliuose, ir 0.05 metro, kai susiejami žemės sklypai miestuose. Pradiniais punktais pasirenkami GPS tinklų punktai. Tokie pat tikslumo reikalavimai taikomi ir susiejant kampinėmis ar linijinėmis sankirtomis, mikrotrianguliacija, kombinuotais tinklais;

2.2.2) kai matuojami žemės sklypai, kurie ribojasi su anksčiau geodeziniais prietaisais valstybinėje koordinačių sistemoje išmatuotais žemės sklypais, bendrų riboženklių koordinačių skirtumas miestuose neturi būti didesnis kaip 0.1 metro, kitose teritorijose ne daugiau kaip 0.3 metro. Bendriems riboženkliais paliekamos tiek ankstesnių, tiek vėlesnių matavimų metu nustatytos koordinatės. Jeigu kadastro žemėlapyje žymimos žemės sklypo ribos, nustatytos kadastrinių matavimų metu valstybinėje koordinačių sistemoje, neleistinu dydžiu nesutampa (yra tarpas arba persidengimas) su jau pažymėtomis kadastro žemėlapyje gretimo žemės sklypo ribomis, nustatytomis ne valstybinėje koordinačių sistemoje, žemės sklypo ribos kadastro žemėlapyje žymimos Nekilnojamojo daikto ribų žymėjimo nekilnojamojo turto kadastro žemėlapyje laikantis kadastro žemėlapių tikslinimo techninių reikalavimų;

- 3) koordinuojamų taškų koordinatės apskaičiuojamos 0.01 metro tikslumu. Jeigu susiejimo su valstybiniu geodeziniu pagrindu ar su šia sistema susietomis vietinėmis koordinatinių sistemomis tinklas išlyginamas ir koordinatės skaičiuojamos valstybinėje koordinatinių sistemoje, linijų ilgiams įvedama pataisa dėl projekcijos;
- 4) kadastrinių matavimų metu vietovėje kartografuojamos faktinės žemės naudmenos:
 - 4.1) užstatytos teritorijos ribos (pastatų, kiemų, aikštelių užimta žemė, kita tiesioginiam statinių eksploatavimui naudojama žemė);
 - 4.2) transporto inžineriniai statiniai (susisiekimo komunikacijos), kiti keliai (nesuformuoti kaip statiniai);
 - 4.3.) vandens telkinių ribos ir hidrografinis tinklas;
 - 4.4) miško kontūrai, ariamosios žemės, sodų, pievų ir natūralių ganyklų, kitos žemės, kurių sudaro medžių ir krūmų želdiniai, pelkių kontūrai;
 - 4.5) pažeista žemė – eksploatuojamų ir išeksploatuotų naudingųjų iškasenų karjerų, durpynų ir sąvartynų plotai;
- 5) kartografuojami objektai, kuriems nustatytos specialiosios žemės ir miško naudojimo sąlygos, kiti žemės naudojimo apribojimai, apskaičiuojami šių teritorijų plotai. Inžineriniai tinklai kartografuojami, jeigu jie nepažymėti stambaus mastelio topografiniuose planuose. Sudarant žemės sklypo planą, jame turi būti daromas įrašas apie tai, kokia medžiaga panaudota žymint inžinerinius tinklus;
- 6) apskaičiuojami bendras žemės sklypo plotas ir žemės naudmenų plotai [13].

Atlikus kadastrinius matavimus, užpildžius reikiamas formas bei parengus objektų planus ir surinkus kitus reikalingus dokumentus, formuojama kadastro byla. Ši byla formuojama atskiriems nekilnojamojo turto objektams.

1.5. Kadastro duomenų įrašymas į nekilnojamojo turto kadastro duomenų bazę

Norint, kad nekilnojamojo daikto kadastro duomenys būtų įrašyti į nekilnojamojo turto kadastrą, kadastro tvarkytojui (VĮ „Registrų centras“) turi būti pateiktas prašymas kartu su dokumentais (valstybės valdžios ar valdymo institucijos sprendimas; teismo sprendimas, nutartis, nutarimas, nuosprendis; rašytiniai sandoriai; kitų valstybės kadastrų ir registrų dokumentai; kiti įstatymų ir Vyriausybės nustatyti dokumentai). Jeigu prašoma pakeisti nekilnojamojo turto kadastre nekilnojamojo daikto kadastro duomenis dėl skirtingo tikslumo kadastrinių matavimų, kadastro tvarkytojui turi būti pateikiamas prašymas ir nekilnojamojo daikto kadastro duomenų byla.

Kadastro tvarkytojo darbuotojas per 5 darbo dienas nuo prašymo gavimo patikrina, ar:

- prašymą pateikęs asmuo turi teisę jį paduoti;
- dokumentas, kurio pagrindu prašoma įrašyti nekilnojamojo daikto kadastro duomenis į kadastrą ar juos pakeisti, nėra įstatymų nustatyta tvarka panaikintas;
- dokumento, kurio pagrindu prašoma įrašyti nekilnojamojo daikto kadastro duomenis į kadastrą ar juos pakeisti, duomenys sutampa su nekilnojamojo daikto kadastro duomenų bylos duomenimis;
- žemės sklypo planas teisės aktų nustatyta tvarka suderintas su žemėtvarkos skyriumi;
- prašomo įrašyti nekilnojamojo daikto ribas galima pažymėti kadastro žemėlapyje;
- nekilnojamojo daikto kadastro duomenų byla ar žemės sklypo planas yra iš anksto patikrinti kadastro tvarkytojo ir padaryta žyma kadastre apie nekilnojamojo daikto kadastro duomenų nustatymą, jeigu ši išankstinė patikra buvo numatyta vykdytojo ir užsakovo sutartyje ar atlikta vykdytojo pageidavimu.

Kai pateikti dokumentai atitinka nustatytuosius reikalavimus ir jų pakanka duomenims įrašyti, kadastro tvarkytojo darbuotojas įrašo duomenis į kadastrą.

Įrašydami nekilnojamojo daikto kadastro duomenis į kadastrą, kadastro tvarkytojo darbuotojai kiekvienam nekilnojamajam daiktui suteikia identifikavimo kodą. Žemės sklypui suteikiamas kadastro numeris iš trijų dalių dvylikos skaitmeninių simbolių – „AAAA/BBBB:CCCC“ (AAAA – kadastro vietovės kodas, BBBB – kadastro bloko kodas, CCCC – sklypo numeris kadastro bloke) ir žemės sklypo unikalus numeris, susidedantis iš dvylikos skaitmeninių simbolių – „AAAA-AAAA-AAAA“, kuris nekinta visą žemės sklypo egzistavimo laiką. Identifikavimo kodas leidžia surinkti informaciją pagal įvairius požymius:

- žemės sklypo ar nekilnojamojo turto objekto identifikatorių;
- savininkų vardus ir pavardes bei kitą informaciją apie juos;
- adresus;
- kartografinį atvaizdavimą (kadastro žemėlapyje);
- koordinates.

Jeigu Nekilnojamojo turto registre žemės sklypas padalijamas, atidalijamas ar sujungiami keli žemės sklypai, įrašomiems į kadastrą naujai suformuotiems žemės sklypams suteikiami nauji identifikavimo kodai, o buvusieji – tampa archyviniais. Amalgamuotų žemės sklypų identifikavimo kodai nekeičiami, o patikslinami duomenų bazėje esantys kadastro duomenys.

Sprendimas prašymą atmesti ar sprendimo priėmimą atidėti yra rašytinis ir motyvuotas. Jeigu kadastro tvarkytojas atideda sprendimo priėmimą, tai nustatomas ne ilgesnis kaip vieno mėnesio terminas, kad būtų pašalintos aplinkybės, trukdančios įrašyti nekilnojamojo daikto kadastro duomenis į kadastrą ar juos pakeisti. Sprendimą pasirašo kadastro tvarkytojo padalinio vadovas ir jį parengęs specialistas. Kartu su sprendimu prašymą atmesti pareiškėjui grąžinami pateiktieji dokumentai [13].

1.6. Žemės sklypų ribų žymėjimas nekilnojamojo turto kadastro žemėlapyje

Prieš įrašant nekilnojamojo daikto kadastro duomenis į nekilnojamojo turto kadastrą patikrinama ar galima šio daikto ribas pažymėti kadastro žemėlapyje. Žemės sklypų ribos kadastro žemėlapyje pažymimos valstybinėje geodezinių koordinačių sistemoje, naudojant geografinių informacinių sistemų (GIS) programines priemones, naujausią kartografinę medžiagą ir georeferencinių duomenų pagrindą. Kadastro žemėlapyje pažymimos žemės sklypo ribų posūkio taškų koordinatės valstybinėje koordinačių sistemoje, kurios nustatytos kadastrinių matavimų metu arba vektorizuojant planus [18].

Pagrindiniai reikalavimai žemės sklypų planams, kurie pateikiami įvedimui į kadastro žemėlapi:

1. preliminarieji matuotuose žemės sklypų planuose turi būti nurodyti trys koordinačių ašių susikirtimo taškai ir užrašyta viena koordinačių tinklelio susikirtimo reikšmė;
2. koordinačių tinklelis orientuojamas šiaurės- pietų kryptimi, o keičiant koordinačių tinklelio orientaciją, kryptis nurodoma strėle;
3. kai žemės sklypo viduje yra kitiems savininkams įsiterpusių žemės sklypų ribos, jos turi būti pažymėtos žemės sklypo plane;
4. žemės sklypo išdėstymo schemoje teisingai nurodyti objekto buvimo vietą;
5. žemės sklypo plotas, gautas pagal sklypo plane pateiktas koordinačių reikšmes, turi atitikti sklypo plane įrašytą plotą;
6. jeigu permatuojant preliminarieji matuotą sklypą geodeziškai pasikeičia sklypo konfigūracija, būtinas apskrities viršininko įsakymas dėl duomenų patikslinimo;
7. žemės sklypų planuose neturi būti ištaisyčių, prirašytų, užbrauktų žodžių ir kitų taisymų;
8. keli žemės sklypai, kuriuos skiria keliai, gatvės, geležinkeliai ir kt., formuojami kaip atskiri objektai;
9. žemės sklypo planas turi būti suderintas su įstatymų nustatytais institucijomis.

Prieš pažymint nekilnojamojo turto kadastro žemėlapyje nekilnojamojo daikto ribas patikrinama, ar:

1. nekilnojamojo daikto planai parengti taip, kad naudojantis valstybinės koordinatinių sistemos duomenimis būtų galima nustatyti nekilnojamojo daikto vietą Lietuvos teritorijoje;

2. žemės sklypų ribos nekilnojamojo turto kadastro žemėlapyje nekerta gretimų ir jau pažymėtų nekilnojamojo turto kadastro žemėlapyje žemės sklypų ribų arba su jomis nesiriboja dėl kadastriniais matavimais netiksliai nustatytų žemės sklypų ribų, išskyrus atvejus, kai šių žemės sklypų ribos kertasi ar nesiriboja su gretimų žemės sklypų ribomis, kurių posūkio taškų koordinatės nustatytos grafiniu būdu dėl šiems žemės sklypų planams parengti naudotos kartografinės medžiagos tikslumo;

3. žemės sklypo ribos nekerta administracinių vienetų, kadastro vietovių ir blokų ribų dėl priežasčių, nesusijusių su nekilnojamojo turto kadastro žemėlapiui naudojamos kartografinės medžiagos tikslumu ar administracinių vienetų, kadastro vietovių ir blokų ribų tikslumu;

4. žemės sklypo ribos nekerta su šio sklypo ribomis besiribojančių kelių ar hidrografijos objektų ribų dėl priežasčių, nesusijusių su nekilnojamojo turto kadastro žemėlapiui naudojamos kartografinės medžiagos tikslumu.

ir ar:

- o neviršytas maksimalus leistinas skirtumas tarp žemės sklypo ploto, nurodyto žemės tvarkymo ar kadastro duomenų byloje, ir žemės sklypo ploto, nustatyto grafiškai, naudojant ortofotografinius žemėlapius, kuris apskaičiuojamas pagal formulę:

$$\Delta_p = \sqrt{\Delta_r^2 + \Delta_t^2 + \Delta_m^2} ; \quad (1.1)$$

čia:

Δ_p – leistinas plotų skirtumas, naudojant ortofotografinius žemėlapius (m^2);

Δ_m – ploto paklaida dėl plano mastelio paklaidos įtakos, matuojant plotą grafiniais metodais arba planimetru, lygi 0,5% sklypo ploto (m^2);

Δ_t – ploto paklaida dėl transformavimo į valstybinę koordinatinių sistemą, lygi 0,5% sklypo ploto (m^2);

Δ_r – ribinė ploto skaičiavimo paklaida, apskaičiuojama pagal formulę:

$$\Delta_r = 3 \sqrt{\frac{1}{8} \sum_{i=1}^n \{(x_{i-1} - x_{i+1})^2 + (y_{i+1} - y_{i-1})^2\} m_i^2} ; \quad (1.2)$$

čia:

x, y – sklypo ribos posūkio taškų koordinatės (m);

m_i – ribos posūkio taškų padėties vidutinė kvadratinė paklaida (m), apskaičiuojama pagal formulę:

$$m_i = m_g \cdot M; \quad (1.3)$$

čia:

m_g – ribos posūkio taško padėties grafinio nustatymo paklaida, įvertinant paklaidas, padaromas vektorizuojant (digituojant) ir apskaičiuojant plotą grafiniais metodais arba planimetru, ši paklaida laikoma lygia 0.0003 m (0.3 mm plane);

M – plano mastelio vardiklis;

- o neviršytas maksimalus leistinas ploto skirtumas tarp ploto, nurodyto žemės tvarkymo ar kadastro duomenų byloje, ir ploto, nustatyto grafiškai pagal mažesnio tikslumo kartografinę medžiagą, apskaičiuojamas pagal formulę:

$$\Delta_{pk} = \Delta_p + m_i \cdot pr ; \quad (1.4)$$

čia:

Δ_{pk} – maksimalus leistinas ploto skirtumas (m^2);

Δ_p – leistinas plotų skirtumas, naudojant ortofotografinius žemėlapius (m^2);

m_i – ribos posūkio taškų padėties vidutinė kvadratinė paklaida (m);

pr – sklypo perimetras, apskaičiuojamas pagal formulę:

$$pr = pr_g \cdot \sqrt{\frac{P_j}{P_g}} ; \quad (1.5)$$

čia:

pr_g – žemės sklypo perimetras po ribų koregavimo (m);

P_j – juridinis žemės sklypo plotas (m^2);

P_g – žemės sklypo plotas po ribų koregavimo (m^2).

Žymint žemės sklypo ribas nekilnojamojo turto kadastro žemėlapyje leistinas dviejų gretimų žemės sklypų ribų, išmatuotų kadastrinių matavimų metu skirtingose koordinačių sistemose arba pažymėtų pagal žemės reformos žemėtvarkos projektą, nesutapimas (tarpas arba persidengimas) apskaičiuojamas pagal formulę:

$$\Delta_{RN} = k \cdot \sqrt{(\Delta_{R1}^2 + \Delta_{R2}^2)} ; \quad (1.6)$$

čia:

Δ_{RN} – leistinas ribų nesutapimas (m);

Δ_{R1} – pirmo sklypo ribos leistina paklaida (m);

Δ_{R2} – antro sklypo ribos leistina paklaida (m);

k – koeficientas, kurio reikšmė:

1 – kai skaičiuojamas nesutapimas tarp dviejų gretimų žemės sklypų, išmatuotų vienodo tikslumo kadastrinių matavimų būdais arba pažymėtų vienodo tikslumo kartografinėje medžiagoje;

1,5 – kai skaičiuojamas nesutapimas tarp dviejų gretimų žemės sklypų, išmatuotų skirtingo tikslumo kadastrinių matavimų būdais arba pažymėtų skirtingo tikslumo kartografinėje medžiagoje.

Jeigu žymimos kadastro žemėlapyje žemės sklypo ribos, išmatuotos kadastrinių matavimų metu valstybinėje koordinatinių sistemoje, nesutampa (yra tarpas arba persidengimas) su jau pažymėtomis kadastro žemėlapyje žemės sklypo ribomis, taip pat išmatuotomis valstybinėje koordinatinių sistemoje, kadastro žemėlapyje žymimos ribos, kai jos nesutampa:

- miestuose – iki 0.1 metro,
- urbanizuotose kaimo vietovėse – iki 0.3 metro,

Esant didesniems nesutapimams, žemės sklypo ribos kadastro žemėlapyje nežymimos, o netikslumai taisomi.

Kadastrinių matavimų metu koordinatinių sistemoje, susietoje su valstybine koordinatinių sistema, žemės sklypo ribos leistina paklaida (tarpas arba persidengimas) apskaičiuojamas pagal formulę:

$$\Delta_{Rk} = 3m_t + \frac{\Delta_m}{\sqrt{2}}; \quad (1.7)$$

čia:

Δ_{Rk} – žemės sklypo ribos leistina paklaida (m);

m_t – koordinatinių transformavimo vidutinė kvadratinė paklaida (m), apskaičiuota pagal koordinatinių tinklo taškus, įvertinant šių taškų vektorizavimo (digitalizavimo) tikslumą;

Δ_m – žemės sklypo ribų matavimo paklaida (m) – miestuose 0,1 m, urbanizuotose teritorijose 0.3 m.

Pažymint preliminarai išmatuotus žemės sklypus kadastro žemėlapyje naudojamosi skenuotais šių sklypų planais. Nuskenavus kiekvieno sklypo planą, šis yra susiejamas su koordinatinių tinkleliu. Labai svarbu parengtame žemės sklypo plane teisingai įrašyti koordinatinių tinklelio susikirtimo taškų reikšmes. Jeigu nesilaikoma šio reikalavimo, iškyla sunkumų pažymint preliminarai matuoto žemės sklypo ribas kadastro žemėlapyje, tampa sudėtinga sutaptinti skenuotą vaizdą su kadastro žemėlapio vaizdu.

Svarbu, kad apskaičiuotas paženklinto žemės sklypo plotas užtikrintų leistiną ploto apskaičiavimo paklaidą. Leistina žemės sklypo ploto apskaičiavimo paklaida nustatoma vietovėje paženklinto ir apskaičiuoto sklypo plotą palyginus su juridiskai įteisinamu plotu.

Pagal žemės reformos žemėtvarkos projektą nustatytos žemės sklypo ribos leistina paklaida (nesutapimas arba tarpas) apskaičiuojama pagal formulę:

$$\Delta_{Rp} = m_d \cdot M; \quad (1.8)$$

čia:

Δ_{Rp} – žemės sklypo ribos leistina paklaida (m);

M – plano mastelio vardiklis;

m_d – žemės sklypo ribos posūkio taškų digitalizavimo (vektORIZavimo) leistina paklaida (m), kuri riboms, nustatytoms pagal:

skaitmeninį ortofotografinį žemėlapi – 0.0008 m;

analoginį ortofotografinį žemėlapi – 0.001 m;

mažesnio tikslumo kartografinę medžiagą – 0.0015 m [18].

Jeigu žymimos kadastro žemėlapyje žemės sklypo ribos nesutampa su administracinių vienetų, gyvenamųjų vietovių, kadastro vietovių, blokų, gretimų žemės sklypų ribomis ir pagal ortofotografinio žemėlapio situaciją aiškiai matomas ribų persislinkimas stabilių kontūrų (kelių, vandens telkinių ir panašiai) atžvilgiu, tikslinama mažesnio tikslumo riba. Tuo atveju, kai patikslinus ribas ploto paklaida sumažėja iki leistinos ir žemės sklypo konfigūracija nepasikeičia, žemės sklypo ribos pažymimos kadastro žemėlapyje. Jeigu žemės sklypo ribos nesutampa su minėtomis ribomis, yra neleistinų ribų nesutapimų, negalima nustatyti, kurios ribos klaidingos, arba jeigu sklypo ploto paklaida neleistina, arba pasikeičia sklypo konfigūracija, žemės sklypo ribos kadastro žemėlapyje nežymimos. Tais atvejais, kai kadastro tvarkytojas negali sklypo ribų pažymėti kadastro žemėlapyje, per 5 darbo dienas nuo žemės sklypo plano pateikimo jam dienos kadastro tvarkytojas parengia išvadą, nurodydamas tikrinto sklypo plano netikslumus, ir pateikia ją žemėtvarkos skyriui, kuris, kadastro tvarkytojui pateikus išvadą, per 5 darbo dienas priima sprendimą dėl būtinumo patikslinti žemės sklypo kadastro duomenis. Priėmus sprendimą patikslinti žemės sklypo kadastro duomenis, Nacionalinės žemės tarnybos nustatyta tvarka surašomas žemės sklypo kadastro duomenų patikslinimo aktas ir jo pagrindu pagal Žemės reformos žemėtvarkos projektų rengimo ir įgyvendinimo tvarkos aprašą, patvirtintą Lietuvos Respublikos Vyriausybės 1998 m. balandžio 1 d. nutarimu Nr. 385 (Žin., 1998, Nr. 33-882; 2005, Nr. 66-2359), parengiamas naujas žemės sklypo planas. Netikslumus turi ištaisyti žemės sklypo planą parengęs juridinis asmuo. Kai žemėtvarkos skyrius nustato, kad žemės sklypo planas parengtas teisingai, kadastro tvarkytojas, gavęs žemėtvarkos skyriaus vedėjo išvadą raštu, per 3 darbo dienas nuo išvados gavimo dienos pažymi kadastro žemėlapyje šio žemės sklypo ribas.

Tais atvejais, kai nustatomos aplinkybės, dėl kurių nekilnojamojo daikto ribų pažymėti kadastro žemėlapyje negalima, kadastro tvarkytojas pagal turimus duomenis patikrina greta esančių nekilnojamųjų daiktų ribas, pažymėtas kadastro žemėlapyje. Nustačius, kad kadastro žemėlapyje pažymėtos

nekilnojamųjų daiktų ribos yra netikslios, kadastro tvarkytojas patikslina. Jeigu buvo rastos priežastys, dėl kurių negalima žemės sklypo ribų pažymėti kadastro žemėlapyje (gaunama neleistina ploto paklaida, neleistinumo ribose dengia pažymėtų kadastro žemėlapyje geodezinių žemės sklypų ribas), kadastro tvarkytojas parengia išvadą, pridėdamas kadastro žemėlapių ištrauką, kurioje nurodo nustatytą nesutapimą (tarpą arba persidengimą) tarp žymimo ir pažymėto nekilnojamojo turto kadastro žemėlapyje žemės sklypo, administracinių vienetų, miestų gyvenamųjų vietovių, kadastro vietovių ar blokų ribų bei leistiną nesutapimą.

Jeigu nenustatyta aplinkybių, trukdančių pažymėti žemės sklypo ribas, Kadastro tvarkytojas Kadastro nuostatų nustatyta tvarka pažymi jį nekilnojamojo turto kadastro žemėlapyje. Pažymint žemės sklypo ribas kadastro žemėlapyje įrašomas žemės sklypo identifikavimo kodas. Kad nekilnojamas daiktas yra pažymėtas kadastro žemėlapyje, rodo Kadastro tvarkytojo žyma – spaudas nekilnojamojo daikto plane [13].

2. ŽEMĖS SKLYPŲ KADASTRO DUOMENŲ NETIKSLUMAI

2.1. Kadastro duomenų nustatymo klaidos

Įvedant duomenis iš žemės sklypų planų į duomenų bazę, klaidų gali atsirasti bet kuriame duomenų kaupimo ir apdorojimo etape. Pasitaikančios skaitmeninių žemėlapių klaidos:

1. Pradinių duomenų šaltinių klaidos. Šio pobūdžio klaidų atsiranda:
 - lauko matavimų ir tyrimų procese. Jas lemia objektų padėčiai nustatyti naudojamų prietaisų netikslumai;
 - sudarant žemėlapius. Čia įtraukiamos geodezinio tinklo, skaičiavimų, braižymo, popieriaus deformacijos klaidos, taip pat klaidos redaguojant ir atnaujinant žemėlapi;
 - informacijos senėjimas (dėl pokyčių vietovėje).
2. Klaidos sudarant skaitmeninius duomenis- duomenų įvedimo klaidos (skaitmenizavimo proceso netikslumai dėl įrangos arba operatoriaus klaidų, nesilaikant duomenų įvedimo taisyklių), duomenų saugojimo klaidos ir manipuliavimo duomenimis klaidos. Duomenų įvedimo klaidos gali būti skirstomos į bendrąsias, geoobjekto geometrijos, geoobjektų tarpusavio padėties klaidas.
3. Metodų klaidos gali atsirasti dėl:
 - duomenų kaupimo metodų (atsiranda naudojant nepakankamai stebėjimų duomenų matuojant vietovėje, pasirenkant netinkamą skaitmenizavimo būdo metodiką);
 - netiksliai apibrėžiant objektus ir neteisingai juos skirstant į klases;
 - nepakankamai kontroliuojant manipuliavimo geoobjektais rezultatus;
 - vaizduojant duomenis (simbolių parinkimo, spausdinimo įrenginių, popieriaus deformacijų klaidų [23]).

Vienas iš kadastro tvarkytojo (VĮ „Registrų centras“) uždavinių-sukurti topologiškai tvarkingą (be klaidų) kadastro žemėlapi, kuriame būtų visi registruoti sklypai ir kiekvienas jų turėtų unikalų identifikatorių, leidžiantį susieti tą sklypą su žemės registro informacija. Turint topologiškai tvarkingą kadastro žemėlapi ir žinant nekilnojamojo turto objekto koordinatas galima nustatyti nekilnojamojo turto objekto buvimo vietą.

Kadastro duomenų bazėje atskiru sluoksniu saugoma atributinė informacija apie plotą ir tokius matavimų duomenis, kaip kadastrinių matavimų metu nustatytų žemės sklypo ribų posūkio taškų ir riboženklių koordinatas. Taip pat ir pažymėtų kadastro žemėlapyje nekilnojamojo turto objektų ribų klaidų reikšmės ir aprašymus atributuose (2.1. lentelė) [13].

2.1 lentelė. Žemės sklypų ribų klaidų reikšmės ir aprašymai

Reikšmė	Aprašymas
a	Atsisakyta tikslinti savivaldybės ribą pagal sklypo ribą.
b	Bloga geografinė padėtis (neatitinka situacijos ortofotografiniame žemėlapyje).
e	Su kitu sklypu persidengiantis sklypas, pažymėtas kaip išimtis (exception).
\$	Bloko ribą kertantis sklypas, pažymėtas kaip išimtis (exception).
f	Situacijos elementai spalvotame ortofotografiniame žemėlapyje akivaizdžiai (daugiau kaip 5 m) nesutampa su atitinkamais situacijos elementais nespaltvotame ortofotografiniame žemėlapyje.
g	Preliminarus sklypas, skirtas pagal Valstiečių ūkio įstatymą ir registruotas kaip geodezinis (šis požymis įrašomas tik su sąlyga, kad sklypo kadastrinio ir juridinio plotų skirtumas neviršija leistinumo).
h	Vietovės arba bloko numeris lauke ID nesutampa su numeriu vietovės arba bloko, į kurį patenka sklypas kadastro žemėlapyje. Įrašant žymą h, programiškai taip pat įrašomas vietovės ir bloko numeris, gautas pagal kadastro žemėlapių blokus (pvz.: h_41840100).
i	Bendro naudojimo sklypas, kurio plotas įskaičiuotas kitiems sklypams.
y	Sklypas, į kurio plotą įskaičiuota bendro naudojimo sklypo ploto dalis.
J	Ribos koreguotos.
n	Sklypo byla nerasta.
o	Sklypo geografinė padėtis nustatyta pagal ortofotografinį žemėlapi.
p	Plotas, apskaičiuotas pagal plane duotas koordinates, neatitinka sklypo plane įrašyto ploto.
r	Registruotas plotas nesutampa su sklypo plane įrašytu plotu.
s	Preliminarus sklypas, gautas iš matininko skaitmenine forma.
u	Užsakymas (prašymas) nusiųstas tikslinti savivaldybės ribą pagal sklypo ribą.
t	Tikslinta savivaldybės riba pagal sklypo ribą.
v	Dalis geodeziškai matuoto sklypo ribų yra vektorizuota arba digituota.

Patikrinus žemės sklypo ribas ir prieš pažymint jas kadastro žemėlapyje duomenų bazėje yra atliekama visų žemės sklypų tarpusavio padėties kontrolė (sklypų tarpusavio ribų, sklypų ir kadastrinės

vietovės ribų) atributų teisingumo kontrolė (ar žymimas sklypas yra tame pačiame bloke, kaip nurodyta plane, lyginamas juridinis ir kadastrinis plotai), geografinės padėties kontrolė.

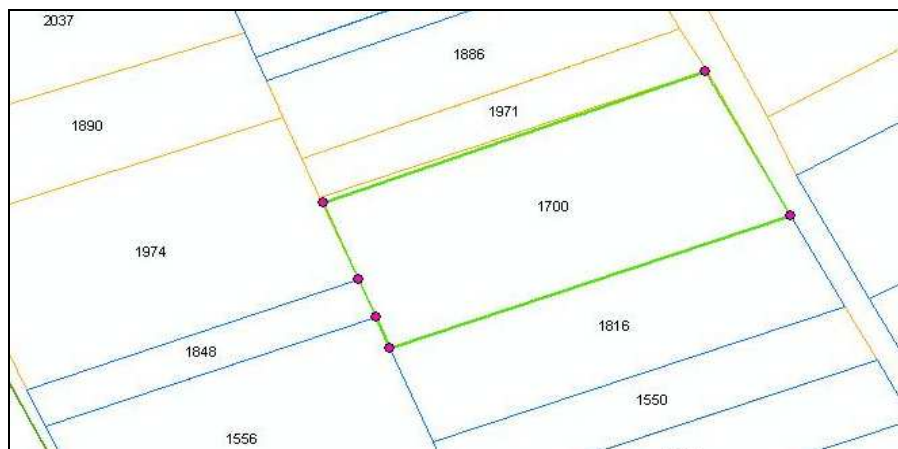
2.2. Žemės sklypų ribų topologijų neapibrėžtumai

Jau anksčiau minėta, kad žemės sklypai gali būti formuojami dvejopai:

- atliekant kadastrinius matavimus valstybinėje koordinacinių sistemoje, nustatant žemės sklypų ribų posūkio taškų ir riboženklių koordinates (geodeziškai matuoti žemės sklypai);
- formuojant žemės sklypus pagal paskiausią kartografinę medžiagą (preliminariai matuoti žemės sklypai).

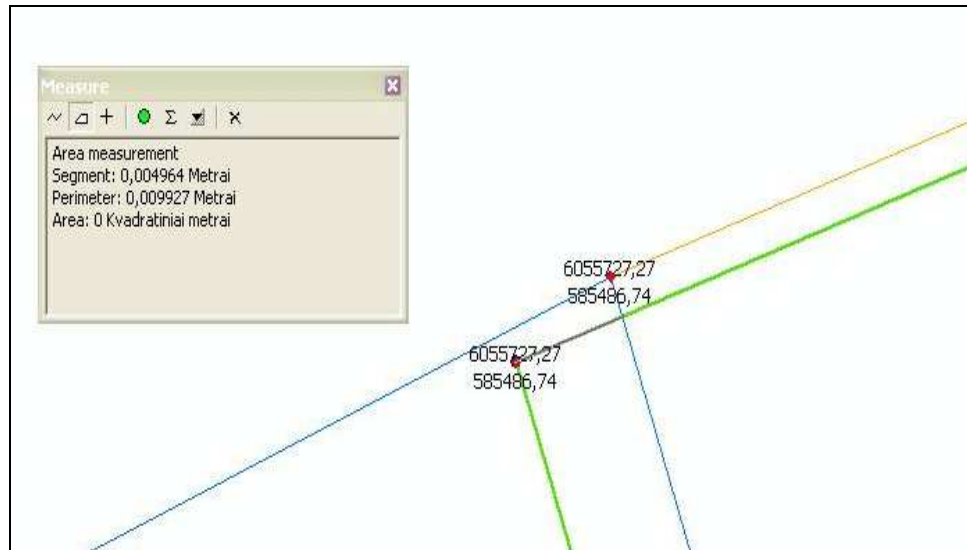
Pastarasis metodas tiesiogiai priklauso nuo kartografinės medžiagos kokybės ir yra nedidelio tikslumo. Nuo 2011-10-19 įsigaliojus Nekilnojamojo turto kadastro nuostatų pakitimams, nuo 2012-01-01 preliminarūs žemės sklypų matavimai neatliekami, todėl šiame darbe nagrinėjami netikslumus susiję tik su geodeziškai matuotais sklypais.

Lietuvos Respublikos nekilnojamojo turto kadastro nuostatai reglamentuoja, kad koordinuojamų žemės sklypų ribų posūkio taškų koordinatės apskaičiuojamos 0.01 metro tikslumu, todėl matavimai nustatytos koordinacinių reikšmės yra apvalinamos, dėl ko gali atsirasti tam tikros, nors ir itin mažos reikšmės turinčios topologijos. Atliekant kadastrinius matavimus nustatytos tų pačių ribų posūkio taškų ar net to paties riboženklio koordinates matuojant gretimus sklypus dažnai tam tikru dydžiu nesutampa. Vizualiai šis skirtumas gali būti ne visada matomas, tačiau tokio pobūdžio netikslumai, nors ir norminiais aktais leidžiami, turi būti pašalinami (2.1 pav.).



2.1 pav. Nesutapimai tarp žemės sklypų ribų

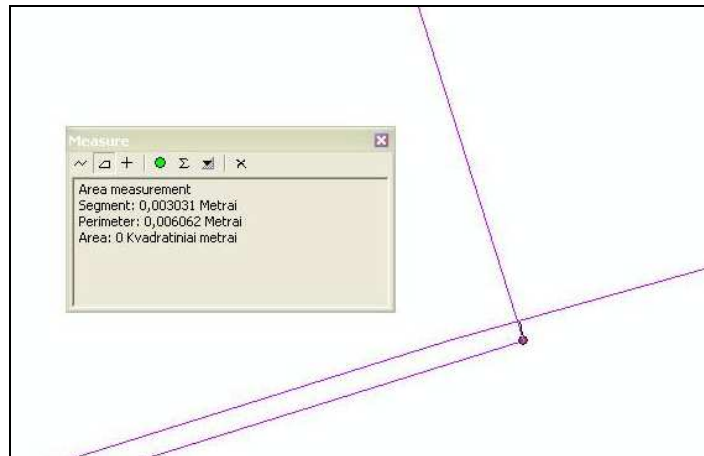
2.1 paveiksle matomas žemės sklypo ribų formavimas nekilnojamojo turto kadastro žemėlapyje. Vizualiai nesutapimai tarp žemės sklypų ne visur nematomi, tačiau naudojantis programine įranga, nustatomi skirtumai, tarp tų pačių ribų posūkio taškų (2.2 pav.)



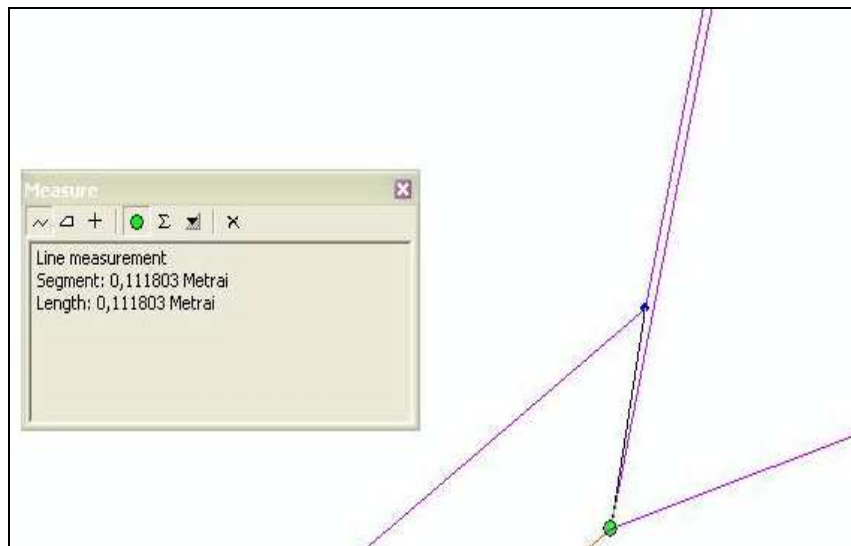
2.2 pav. Skirtumas tarp to paties riboženklio koordinatų

2.2 paveiksle matyti, jog suapvalintos taškų koordinatų reikšmės yra tos pačios, tačiau skirtumas tarp taškų yra apie 0.0005 m. Formuojant žemės sklypus nekilnojamojo turto kadastro žemėlapyje, tokių netikslumų pasitaiko nuolatos. Šiuos nesutapimus kadastro tvarkytojas šalina ranka, tačiau šis metodas yra subjektyvus ir atimantis nemažai laiko.

Lietuvos Respublikos nekilnojamojo turto kadastro nuostatais nustatyta, jog matuojant žemės sklypus, kurie ribojasi su anksčiau geodeziniais prietaisais valstybinėje koordinatų sistemoje išmatuotais žemės sklypais, bendrų riboženklių koordinatų skirtumas miestuose neturi būti didesnis kaip 0.10 metro, kitose teritorijose ne daugiau kaip 0.30 metro. Formuojant žemės sklypus yra nustatomas neatitikimas ar kirtimasis tarp geodeziškai matuotų gretimų žemės sklypų, jei jis neviršija leistinumo ribos, tada kadastro tvarkytojo darbuotojas šį neatitikimą šalina ranka, remiantis techniniais reikalavimais. (2.3 pav., 2.4 pav.)



2.3 pav. Leistinas žemės sklypų kirtimasis



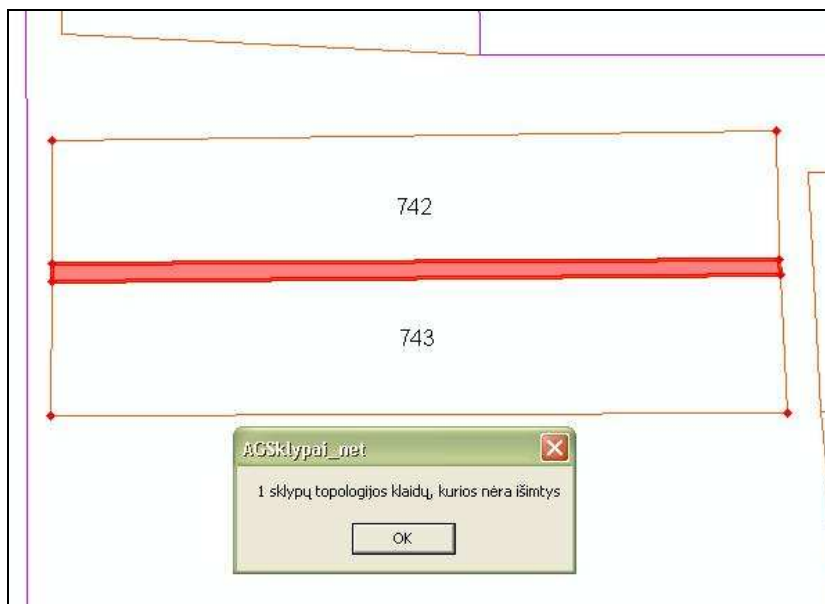
2.4 pav. Leistinas žemės sklypų nesutapimas

Toks koregavimo metodas yra nepatogus, nes būtina atlikti papildomus veiksmus, tam kad būtų galima nustatyti ar ribų nesutapimas yra leistinas ar ne.

2.3. Topologinių uždavinių sprendimas taikant optimizavimo metodą

Vienas iš svarbiausių kadastro tvarkytojo (VĮ „Registrų centras“) uždavinių yra sukurti topologiškai tvarkingą kadastro žemėlapij, kuriame būtų galima nustatyti nekilnojamojo turto objekto buvimo vietą ir tiksliai koordinatas, tačiau dažnai dėl atsiradusių riboženklų koordinatinių netikslumų, tikslinant ar sudarant nekilnojamojo turto kadastro žemėlapij derinama žemės sklypų ribų topologija.

Topologijos yra apibrėžiamos kaip atkarpos, turinčios bendrą mazgą, kuris jas jungia. Žiūrint nekilnojamojo tirta kadastro žemėlapiu aspektu, tai žemės sklypų ribos, turinčios bendrus riboženklis, kurių koordinatės nustatytos kadastriniais matavimais, tačiau skaitine reikšme nesutampa. Tokiais atvejais nagrinėjami žemės sklypų ribų nesutapimai arba persidengimai. Pateikiamas paprasčiausias pavyzdys iliustruojantis dažniausiai pasitaikančią ribų topologiją (2.5 pav.)



2.5 pav. Programoje ArcMap gautas pranešimas apie žemės sklypų ribų topologiją

Tokio pobūdžio problemos yra sprendžiamos pasitelkiant įvairius skaičiavimo metodus algoritmus ar optimizavimo uždavinius.

Optimizavimo uždaviniai – tai sprendimo procedūros, kuriomis yra vykdomos geriausių elgesio strategijų, variantų ir sprendimų paieškos. Šiuo atveju tai būtų – kaip tokius sklypų ribų topologijos neapibrėžtumus panaikinti taip, kad rezultatai kiek galima geriau atitiktų teisės aktuose ir norminiuose dokumentuose numatytus reikalavimus.

Optimizavimo uždaviniai yra susiję su sistemos valdymo parinkimu, geriausių sistemos parametrų rinkinio sudarymu. Optimizavimo kriterijai dažniausiai nustatomi nelygybių sistemomis ir/arba funkcionalais, kuriuos reikia minimizuoti [8].

Optimizavimo uždaviniai yra gausių mokslininkų kolektyvų tyrimų objektas. Vienos iš svarbiausių priežasčių – tai pastaruoju metu suintensyvėję efektyvių būdų ieškojimai bandant išspręsti optimizavimo

uždavinius, priklausančius globalios optimizacijos uždavinių klasei, bei sparti kompiuterinės technikos raida, leidžianti kurti ir tirti algoritmus, reikalaujančius milžiniškų skaičiavimų išteklių.

Pastaruoju metu įvairaus tipo optimizavimo uždaviniams spręsti plačiai taikomi genetiniai algoritmai [20].

3. GENETINIAI ALGORITMAI IR JŲ TAIKYMAS

3.1. Genetinių algoritmų kilmė ir taikymas

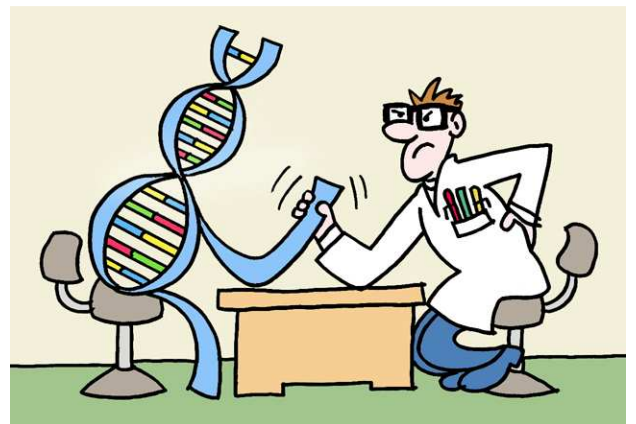
Genetiniai algoritmai (GA) ir įvairios jų modifikacijos yra labai plačiai taikomi sprendžiant strypinių sistemų globalaus optimizavimo uždavinius. Pirmasis genetinių algoritmų koncepciją pasiūlė J. H. Hollandas 1975 metais [24].

Genetiniai algoritmai kilo studijuojant ląstelių mechanizmą, todėl pagrindinės GA idėjos sutampa su Darvino teorijoje išsakytomis idėjomis: jeigu ekosistemoje gyvuoja kažkokių gyvūnų ar augalų populiacija, didesnę šansą išgyventi ir palikti palikuonius turi geriau prie aplinkos adaptuoti individai.

Apie 1985-sius Iliojaus universitete įvyko Pirmoji tarptautinė konferencija skirta genetiniams algoritmams, iki tol genetinių algoritmų tyrimai buvo daugiausia tik teoriniai. Augant akademiniam susidomėjimui bei vystantis kompiuterijai atsirado galimybė praktiniam genetinių algoritmų įgyvendinimui. 1989 m. JAV laikraštis „The New York Times“ išspausdino rašytojo John Markoff straipsnį apie pirmą komercinę genetinį algoritmą naudojančią programą Evolver. Vėliau atsirado įvairios kompiuterinės programos skirtos įvairioms sritims. Dabartiniu metu programas naudojančias genetinius algoritmus naudoja didžioji dalis „Fortune 500“ kompanijų, išspręsti tvarkaraščių, duomenų talpinimo, biudžeto paskirstymo ir kitas svarbias užduotis, kur galima pritaikyti kombinatorinį optimizavimą.

Ypatingai tinkamos genetinių algoritmų panaudojimui užduotys yra tvarkaraščių ir grafikų sudarymas, todėl daugybė šios srities programinės įrangos paketų yra paremta genetiniais algoritmais. GA naudojami inžinerijoje bei spręsti globalias optimizavimo problemas [17].

Genetinių algoritmų pritaikymo sritys yra labai įvairios: dirbtinio intelekto kūryba; besimokantys robotai; techninės įrangos kūrimas; kompiuteriniai tinklai; failų paskirstymas; biudžeto optimizavimas;



3.1 pav. Genetiniai algoritmai tampa vis paklausesni įvairiose srityse

daugiafunkcinių detalių modelių kūrimas automobilių (ir kitose) pramonės šakose ir t.t. Pateikiama tik dalis dabar egzistuojančių pritaikymų, nes GA sparčiai vystosi ir yra pritaikomi vis naujose srityse.

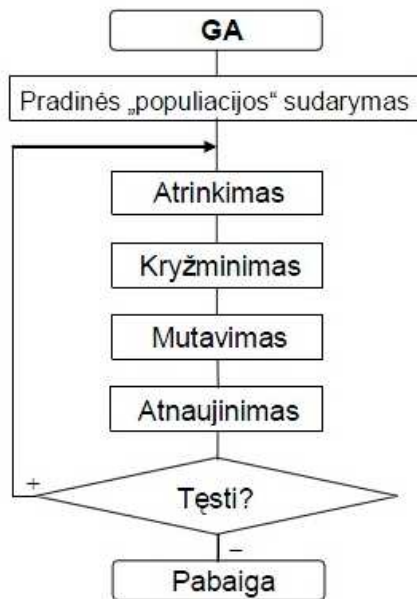
Šis optimizavimo algoritmas ir pagal jį sukurta programinė įranga labai universali. Konkretiems uždaviniams spręsti algoritmas adaptuojamas parenkant uždavinio esmę atitinkančius ribojimus ir tikslo funkcijas.

3.2. Genetinių algoritmų veikimas

Genetinių algoritmų veikimo principas yra pagrįstas gyvosios gamtos evoliucijos imitavimu. Pagrindinės sąvokos, kuriomis remiamasi modeliuojant evoliucijos procesus, yra šios: „individas“, „populiacija“, „individo tinkamumas“.

Individas yra tam tikras elementarus, daugiau neskaidomas vienetas. Didesnė ar mažesnė individų grupė sudaro populiaciją. Svarbus dalykas yra individo tinkamumas – tai tam tikras individo vertingumo matas. Vertingesnis (grynai biologiškai) yra tas individas, kuris sugeba geriausiai prisitaikyti (būti stipresnis už kitus), pvz., palikti didesnį palikuonių skaičių. Optimizavimo atveju vietoje sąvokų „individas“, „populiacija“, „individo tinkamumas“ vartojamos įprastos sąvokos: individą atitinka atskiras sprendinys, populiaciją – sprendinių poaibis (rinkinys), individo vertė susiejama su tikslo funkcijos reikšme. Taip kaip evoliucionuodami išlieka tik stipriausi individai, taip ir sprendžiant optimizavimo uždavinius GA būdu siekiama gauti kuo geresnius sprendinius [17].

Klasikinė genetinio algoritmo schema pateikta 3.2 paveiksle. Pasirinkus pradinę populiaciją, evoliucija prasideda nuo visiškai atsitiktinių kitimų. Gavus naują populiacijos kartą (kandidatus) įvertinamas jos tinkamumas, atrenkamas tam tikras naujos kartos individų skaičius, pagal atrankos kriterijų. Atrinktieji individai pakeičiami darant mutacijas arba rekombinacijas ir sukuriami nauja populiacija. Vėliau viskas kartojama, atrenkant naujus tinkamiausius individus, sukuriant naują populiaciją. Ciklas kartojamas, kol gaunamas užduotį tenkinantis sprendimas.



3.2 pav. Genetinio algoritmo principinė veikimo schema

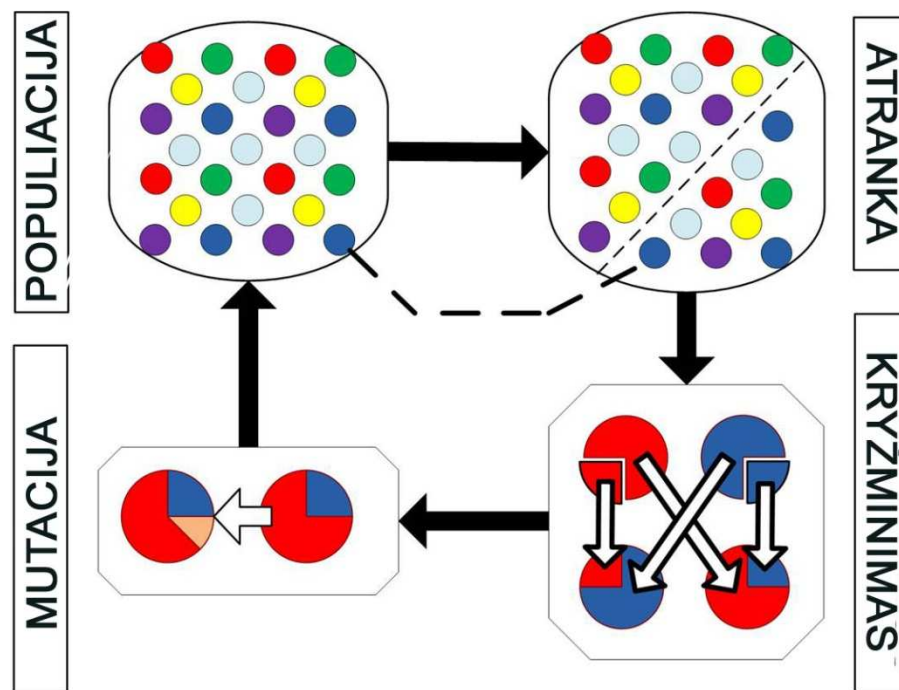
Pradžioje daug individualių sprendimų yra atsitiktinai generuojami suformuojant atsitiktinę pradinę populiaciją. Populiacijos dydis pasirenkamas pagal užduoties sudėtingumą. Dažniausiai populiaciją sudaro keletas šimtų ar net tūkstančių galimų sprendimų. Tradiciškai populiacija generuojama atsitiktinai, apimant didelį sprendinių paieškos diapazoną. Kartais nubrėžiamos tam tikros ribos, kuriose sprendinys tikėtinais turėtų būti, tokiu būdu sutrumpinamas paieškos laikas.

Pasirinkus pradinę populiaciją, evoliucija prasideda nuo visiškai atsitiktinių kitimų. Iš populiacijos atrenkama dalis tinkamiausių sprendinių (sėkmingiausių „palikuonių“), iš kurių bus kuriama naujoji populiacija. Atrankos kriterijų aprašo tinkamumo funkcija, kuri ir lemia atranką. Dažniausiai taikomas metodas, kai iš visos populiacijos atrenkami labiausiai tinkami sprendiniai. Tačiau yra ir kitas atrankos metodas, kurio metu yra vertinami tik atsitiktinai populiacijos sprendiniai.

Formalizuojant GA aprašymą, pirmiau nurodytos savybės, mechanizmai susiejami su atitinkamomis procedūromis. Taip atrenkant tolesniam apdorojimui atskirus populiacijos sprendinius atliekama vadinamoji atrinkimo procedūra.

Antrosios ir kitų populiacijų kūrimą sudaro genetinių mechanizmų: kryžminimo ir mutacijos - pritaikymas. Kryžminimas ir mutacija yra biologinių mechanizmų analogai. Kiekvieno naujo sprendinio sukūrimui iš populiacijos imama pora sprendinių „tėvų“, kurie sukryžminami ir mutacijos ar kryžminimo būdu gaunamas sprendinys „vaikas“. Toliau imama kita „tėvų“ pora ir vėl sukuriamas „vaikas“ ir taip tęsiama kol pasiekiamas tam tikras naujos kartos individų skaičius, sukuriama pilna nauja sprendinių

populiacija. Atrinktieji individai pakeičiami darant mutacijas arba rekombinacijas ir sukuriama nauja populiacija. (3.3 pav.)



3.3 pav. Naujos populiacijos kūrimo supaprastinta schema

Rekombinacija yra būdas genetiniuose algoritmuose perteikti vienos chromosomos ar kelių chromosomų sandarą į kitą kartą. Ji yra biologinės rekombinacijos analogas, kadangi būtent biologiniu procesu ir paremta.

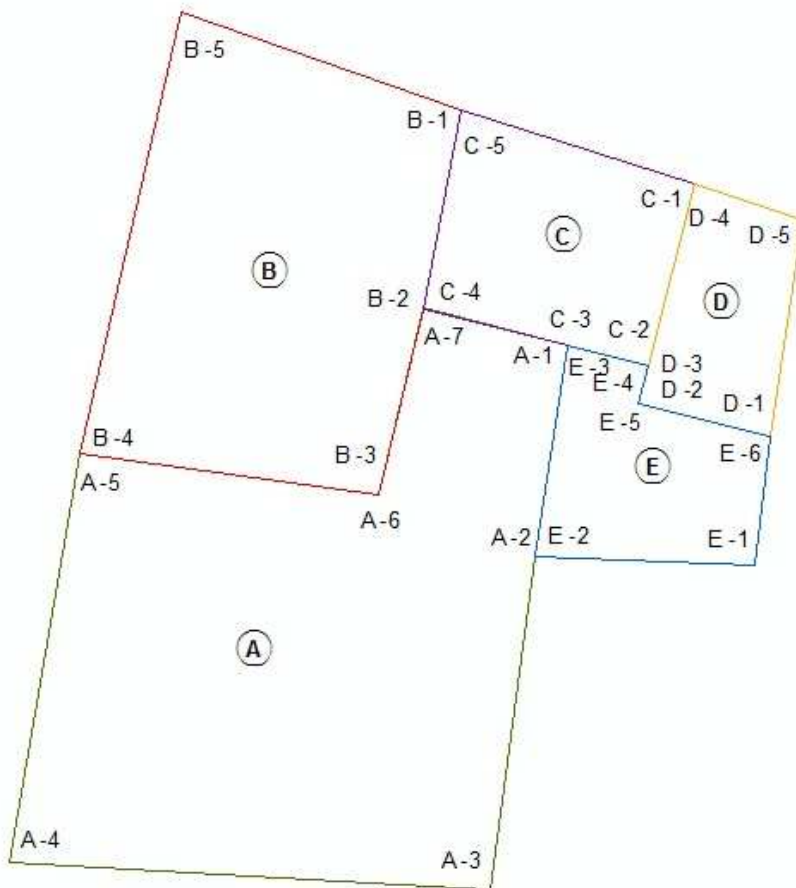
Mutacija yra būdas genetiniuose algoritmuose išlaikyti genetinę įvairovę. Mutacija naudojama GA yra biologinės mutacijos analogas, kadangi jos mechanizmas buvo kuriamas pagal biologinę mutaciją. Klasikinį mutacijų operatoriaus veikimą sudaro atsitiktinai generuojami skaičiai, kurie nurodo įvyks ar neįvyks mutaciją tam tikrai duomenų daliai.

Vėliau viskas kartojama, atrenkant naujus tinkamiausius individus, sukuriant naują populiaciją. Ciklas kartojamas, kol gaunamas užduotį tenkinantis sprendimas.

4. GENETINIO ALGORITMO TAIKYMAS ŽEMĖS SKLYPŲ KOORDINAČIŲ OPTIMIZAVIMUI

4.1. Tyrimo objektas

Darbo eksperimentiniam tyrimui atlikti pasirinkta Vilniaus rajono savivaldybėje esančių 5 žemės ūkio paskirties žemės sklypų grupė. Visų sklypų ribos nustatytos valstybinėje koordinatinių sistemoje (LKS-94), kadastrinių matavimų metu (4.1 pav.).



4.1 pav. Nagrinėjamų žemės sklypų grupė

Sklypai buvo pasirinkti taip, kad jų kadastriniai matavimai būtų atlikti skirtingu metu ir skirtųsi kadastrinius matavimus atlikusios įmonės, taip siekiant išvengti sisteminių klaidų.

Nagrinėjamų sklypų kadastrinių matavimų metu nustatytos koordinatės pateiktos 4.1 lentelėje.

4.1 lentelė. Žemės sklypų riboženklų koordinatės valstybinėje koordinatinių sistemoje

Sklypas A			Sklypas B			Sklypas C		
Nr.	x (m)	y (m)	Nr.	x (m)	y (m)	Nr.	x (m)	y (m)
A-1	6064861.06	589744.58	B -1	6064937.57	589709.92	C-1	6064913.53	589785.60
A-2	6064792.28	589733.71	B -2	6064872.71	589697.28	C -2	6064854.36	589770.72
A -3	6064683.68	589719.52	B -3	6064812.13	589683.01	C-3	6064860.94	589744.36
A -4	6064692.71	589562.50	B -4	6064825.52	589585.39	C-4	6064872.71	589697.28
A -5	6064825.52	589585.39	B -5	6064969.22	589618.45	C -5	6064937.57	589709.92
A -6	6064812.34	589682.92						
A -7	6064872.85	589697.19						

4.1 lentelės tęsinys:

Sklypas D			Sklypas E		
Nr.	x (m)	y (m)	Nr.	x (m)	y (m)
D -1	6064831.38	589810.24	E -1	6064789.05	589805.48
D -2	6064841.68	589767.66	E -2	6064792.28	589733.71
D -3	6064854.36	589770.72	E -3	6064860.94	589744.36
D -4	6064913.53	589785.60	E -4	6064854.28	589770.59
D -5	6064901.74	589820.95	E -5	6064841.68	589767.66
			E -6	6064831.38	589810.24

Sklypų grupė sudaro uždara bloką, kurio koordinatės yra pavienių sklypų išorinių briaunų riboženklų koordinatės pateiktos 4.2 lentelėje.

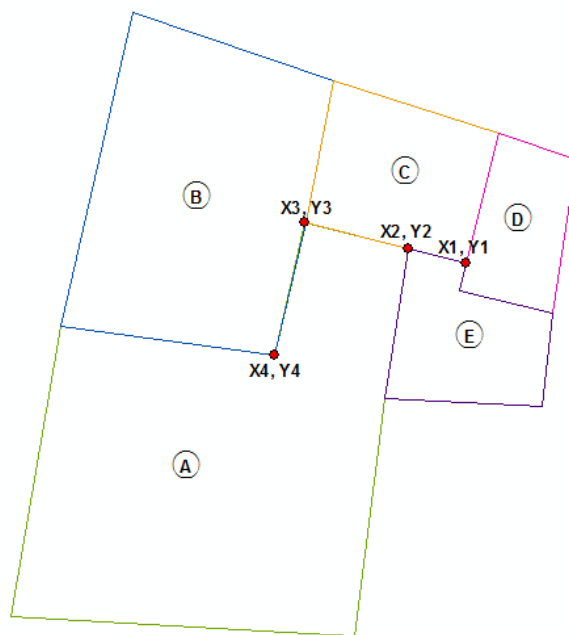
4.2 lentelė. Sklypų bloko riboženklų koordinatės valstybinėje koordinatinių sistemoje

Sklypų blokas		
Nr.	x (m)	y (m)
B-5	6064969.22	589618.45
B-1/ C -5	6064937.57	589709.92
C-1/ D-4	6064913.53	589785.60
D-5	6064901.74	589820.95
D-1/ E-6	6064831.38	589810.24

4.2 lentelės tęsinys:

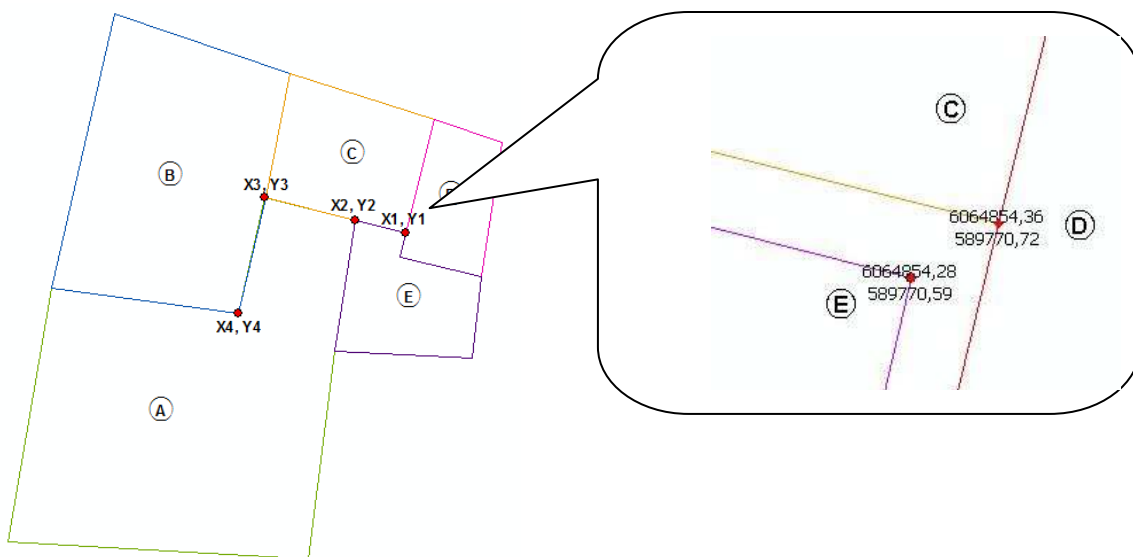
E-1	6064789.05	589805.48
E-2/ A-2	6064792.28	589733.71
A-3	6064683.68	589719.52
A-4	6064692.71	589562.50
A-5/ B-4	6064825.52	589585.39

Pagal 4.1 lentelėje pateiktus duomenis grafiškai pažymėjus ir sujungus žemės sklypų ribų posūkio taškus linijomis, gaunami sklypų sąsajose esančių riboženklių koordinatų neatitikimai. Dėl šių neatitikimų matomi ribų nesutapimai arba sanklotos tarp žemės sklypų t.y. žemės sklypų ribų topologijų neapibrėžtumai. 4.2 paveiksle. Raudonais taškais pavaizduotos ir X_i , Y_i simboliais pažymėtos nagrinėjamų žemės sklypų topologiškai nederančių kraštinių vietos.

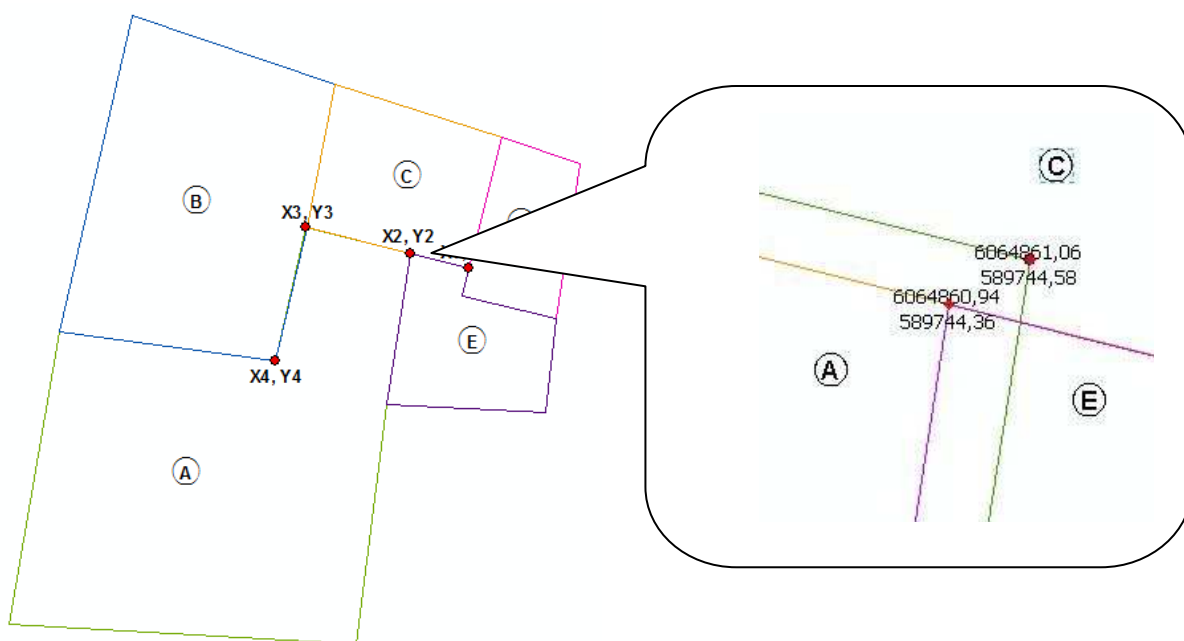


4.2 pav. Nagrinėjamos žemės sklypų grupės topologiniai neapibrėžtumai

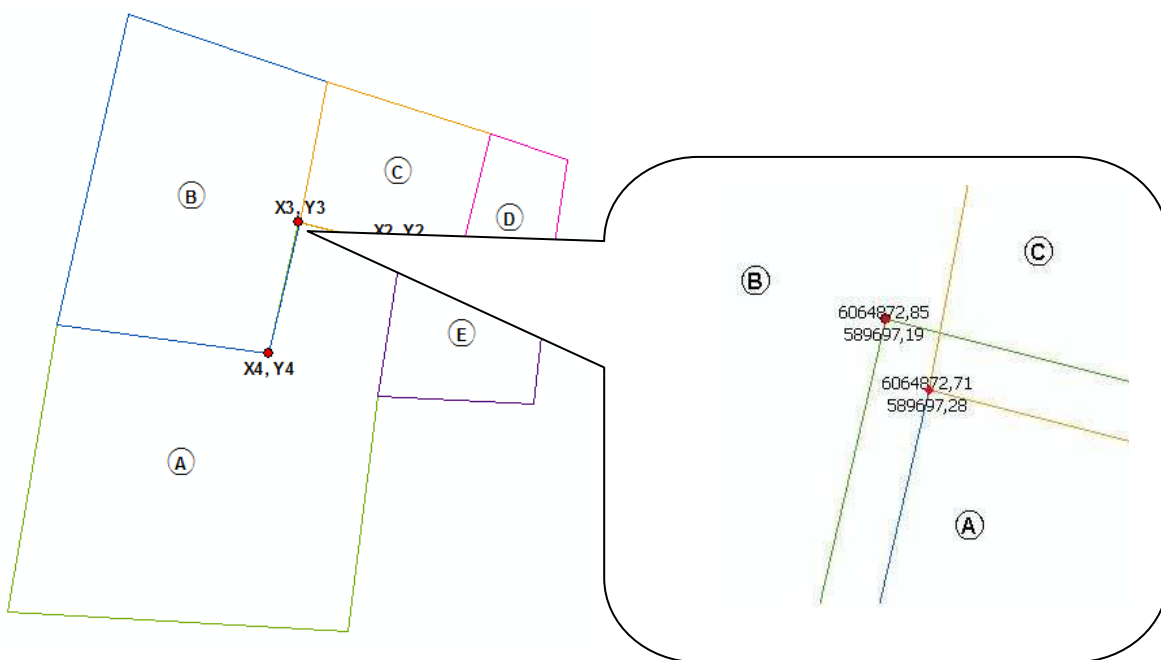
4.3 – 4.6 paveiksluose pateiktos tarpusavyje nesutampančių žemės sklypų koordinatų reikšmės.



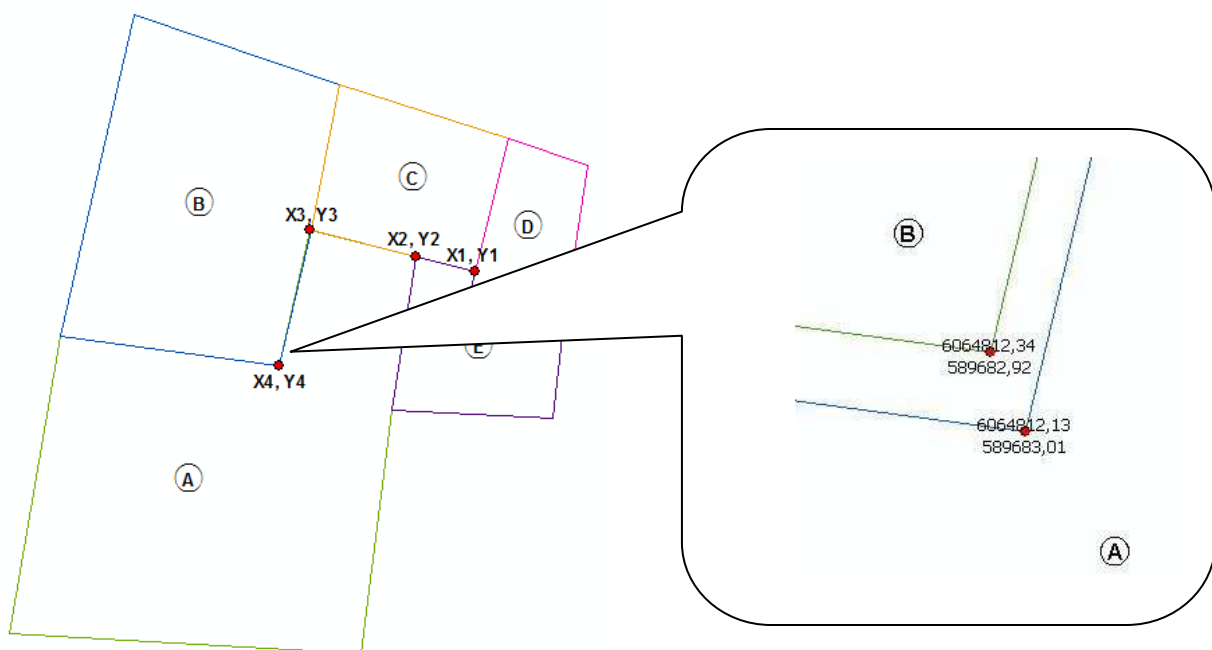
4.3 pav. Žemės sklypų A ir B nesutampančių koordinačių reikšmės



4.4 pav. Žemės sklypų A, B ir C nesutampančių koordinačių reikšmės



4.5 pav. Žemės sklypų A, C ir E nesutampančių koordinačių reikšmės



4.6 pav. Žemės sklypų C, D ir E nesutampančių koordinačių reikšmės

Pagal 4.3, 4.4 ir 4.5 paveikslų duomenis matyti jog žemės sklypas A dengia žemės sklypus B, C ir E. 4.6 paveikslas iliustruoja kad žemės sklypo E riba neatitinka žemės sklypų C ir D ribų.

4.3 lentelėje pateiktos visų nesutapimų reikšmės (m) mažėjimo tvarka, neatsižvelgiant į tai ar žemės sklypas kerta ar neatitinka gretimų žemės sklypų ribų.

4.3 lentelė. Nesutapimų reikšmės

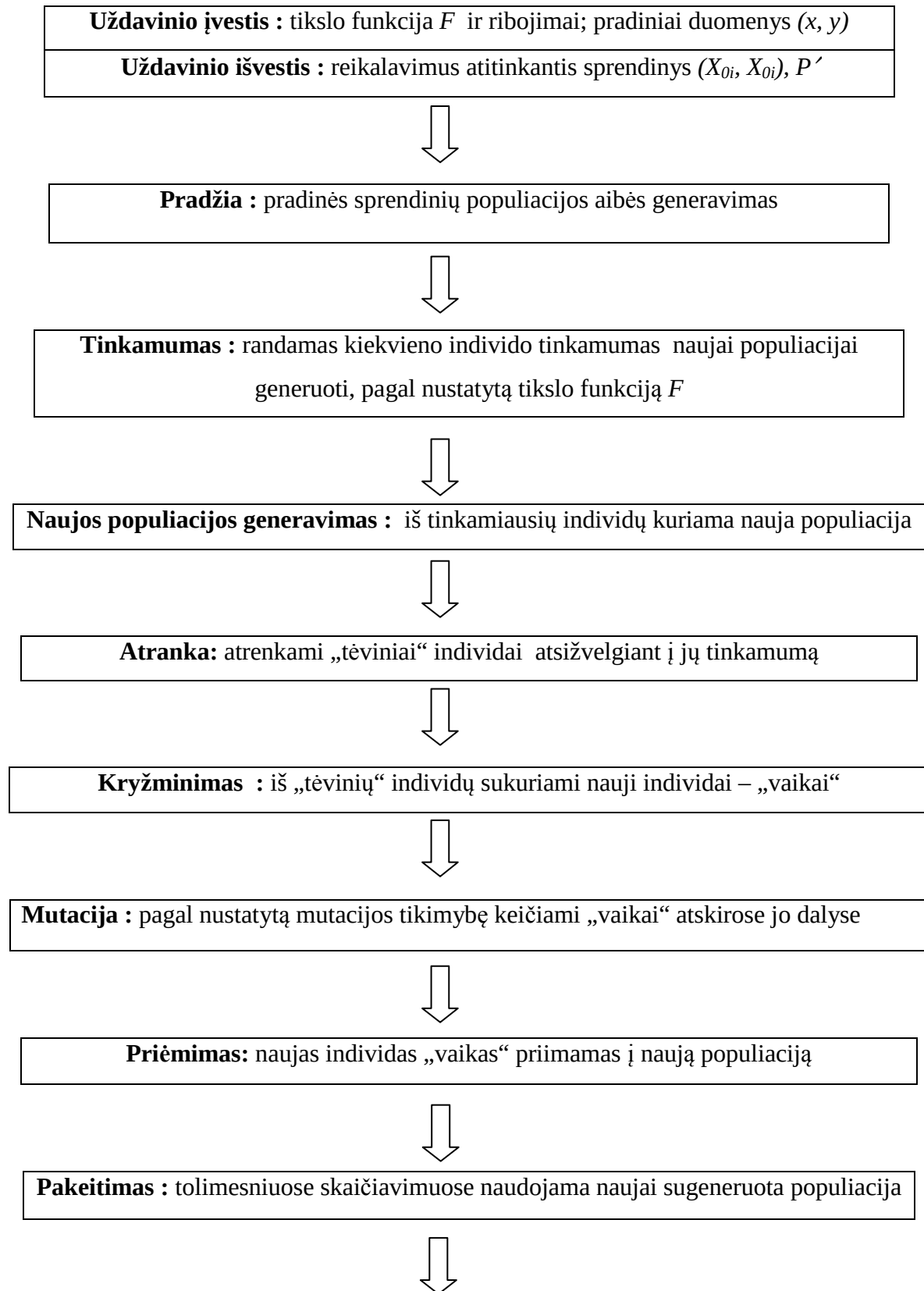
Nesutapimo pozicija		Nesutapimo reikšmė (m)
X_1, Y_1	C-D-E	0,1509
X_2, Y_2	A-C-E	0,2493
X_3, Y_3	A-B-C	0,1626
X_4, Y_4	A-B	0,2278

4.3 lentelės duomenimis matome jog didžiausias skirtumas tarp tų pačių riboženklių koordinatų reikšmių yra $0,2493 \approx 0,25$ m. Kadangi $0,25 \text{ m} < 0,30 \text{ m}$, tai galima teigti jog nagrinėjamos sklypų grupės nesutapimai neviršija reglamentuojamo leistino bendrų riboženklių koordinatų skirtumo kitose, ne miesto, teritorijose. Šiuo atveju Kadastro įstatymo 13 straipsnio 4 dalies [11] nustatyta tvarka, kadastro duomenų tvarkytojas pažymi žemės sklypo ribas kadastro žemėlapyje, pagal techniniuose reikalavimuose [18] numatytą tvarką.

4.2. Programos algoritmas

Šiame skyriuje pateiksiu apibendrintą GA uždavinio schemą, taikomą žemės sklypų koordinatų optimizavimui. Atrankos, kryžminimo ir mutacijų operatorių detalesnis veikimas bus aptartas tolimesniuose skyriuose. Uždavinio algoritmas buvo parengta naudojantis „MATLAB R2009b“ programine įranga. Apibendrinta GA uždavinio schema pateikta 4.4 lentelėje.

4.4 lentelė. Apibendrinta genetinio algoritmo schema



Algoritmo pabaiga : jei gautas rezultatas tenkina poreikius, tai ciklas nutraukiamas,
jei ne, tai grįžtama į ciklo pradžią

Uždavinio ciklo įvestis – uždavinio optimizavimo sąlyga ir apribojimai bei pradiniai duomenys.
Uždavinio išvestis – galutinis rezultatas, t.y. užsibrėžtus reikalavimus atitinkantis sprendinys.

Pradiniame schemos žingsnyje „**Pradžia**“ sukuriamą pradinę populiaciją. Populiacijos dydis pasirenkamas pagal uždavinio apimtį ir sudėtingumą, todėl ją gali sudaryti nuo kelių šimtų iki kelių tūkstančių galimų sprendimų. Dažniausiai pradinę populiaciją generuojama pagal atsitiktinai atrinktus individus, tačiau gali būti nustatyti apribojimai, kuriuos sprendinys turėtų atitikti. Populiacijos dydis nekinta viso algoritmo vykdymo metu, todėl jis laikomas algoritmo parametru.

Toliau algoritmas vykdo ciklą „Tinkamumas“, kurio metu iš populiacijos atrenkama dalis tinkamiausių sprendinių (sėkmingiausių „palikuonių“), iš kurių bus kuriama naujoji populiacija. Atranka vykdoma atsižvelgiant į kiekvieno individo tinkamumą pagal tikslo funkciją F . Šis ciklo etapas yra apribotas maksimaliu iteracijų skaičiumi ar ciklo vykdymo laiku, o jo tikslas yra pereiti prie geresnės populiacijos.

Sekančiu ciklo etapu „**Naujos populiacijos generavimas**“ iš tinkamiausių individų kuriama nauja populiacija, naudojantis genetiniais operatoriais: „**Atranka**“, „**Kryžminimas**“, „**Mutacija**“.

Kryžminimo operatoriaus tikslas yra sukurti naują individą – „vaiką“, iš atrinktų individų – „tėvų“. Paprastai naudojami du „tėvai“ vienam ar dviems „vaikams“ suformuoti. Tėvai parenkami iš individų, atrinktų atrankos etapo metu.

Mutacijos operatoriaus tikslas yra padaryti smulkių atsitiktinių pakeitimų individuose tikintis, kad tokie pakeitimai turės teigiamos įtakos individo tinkamumui ir tas individas įneš naujovių į populiaciją.

Genetinio algoritmo ciklas yra vykdomas tol, kol tenkinamos pabaigos sąlygos, kurios gali būti tokios:

- randamas idealus, ar optimizavimo sąlygą tenkinantis sprendinys;
- pasiekiamas maksimalus numatytas ciklo iteracijų skaičius;
- negaunami jokie populiacijos individų pokyčiai ar patobulėjimai, atlikus numatytą ciklo iteracijų skaičių;
- kitos sąlygos, tiesiogiai nesusijusios su algoritmo rezultatais, pvz.: laiko trūkumas, kompiuterio atminties trūkumas.

4.3. Optimizavimo tikslo funkcija ir ribojimų sistema

Genetinio algoritmo uždaviniai yra cikliniai. Uždaviniui suformuoti būtina nusistatyti ribojimų sistemą ir optimizavimo tikslo funkciją, pagal kuriuos gauti rezultatai parodys ar GA uždavinys gali būti taikomas žemės sklypų ribų topologijų šalinimui.

Optimizavimo tikslas – suvienodinti susietų žemės sklypų koordinates, kad būtų pašalintos topologijos, tačiau turi būti išlaikomos toliau nurodytos pagrindinės sąlygos ir apribojimai.

4.3.1. Optimizavimo tikslo funkcija

Tikslo funkcija – tai pagrindinė optimizavimo uždavinio funkcija. Jos parinkimas yra svarbiausias uždavinio formavimo etapas. Uždavinio sprendiniu yra laikomas tas rezultatas, prie kurio gaunama mažiausia funkcijos reikšmė.

Žemės sklypų riboženklių koordinačių optimizavimo tyrimas bus atliekamas pagal dvi tikslo funkcijas, kad būtų galima nustatyti, kuri geriausiai tinka ribų topologijų skirtumų pašalinimui. Formuluojami tokie optimizavimo uždaviniai:

- 1) ***Tikslo funkcija: optimizuotų plotų P' santykinų plotų pokyčių, nuo kadastrinių matavimų nustatytų plotų P , suma turi būti minimali:***

$$F = \sum \frac{|\Delta P|}{P} \rightarrow \min; \quad (4.1)$$

$$\Delta P = P' - P; \quad (4.2)$$

$$2P = \sum y_i (x_{i-1} - x_{i+1}); \quad (4.3)$$

$$2P = \sum x_i (y_{i+1} - y_{i-1}). \quad (4.4)$$

Kur:

P - kadastrinių matavimų metu nustatyti plotai;

P' - optimizuoti plotai;

- 2) **Tikslo funkcija: optimizuotų plotų P' kvadratinų nuokrypių, nuo kadastrinių matavimų nustatytų plotų P , suma turi būti minimali:**

$$F = \sqrt{\sum \frac{\Delta P^2}{P}} \rightarrow \min; \quad (4.5)$$

4.3.2. Ribojimų sistema

Genetinio algoritmo uždavinio sprendimui sudaroma koordinačių ribojimų sistema, kurios reikia laikytis viso optimizavimo proceso metu. Svarbiausia šio optimizavimo uždavinio sąlyga yra :

- 1.) Optimizuotų koordinačių nuokrypiai nuo išmatuotųjų skirtųsi ne daugiau kaip Kadastro nuostatų 32.1.2.2.2. punkte reglamentuojamas leistinas 0.30 m koordinačių skirtumas [2]:**

$$-\Delta_{xy} \leq (x_i - x_{oi}) \leq \Delta_{xy}; \quad (4.6)$$

$$-\Delta_{xy} \leq (y_i - y_{oi}) \leq \Delta_{xy}. \quad (4.7)$$

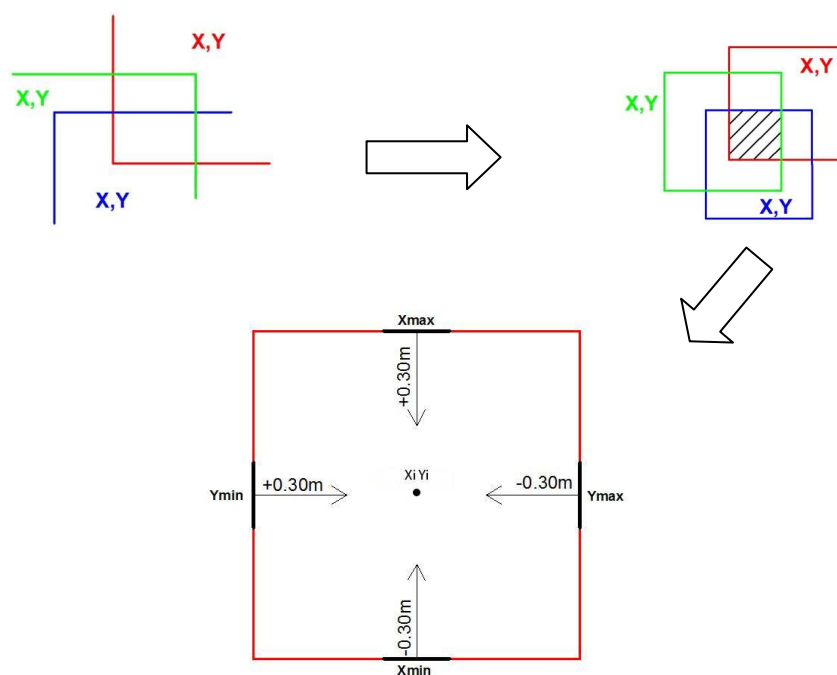
Kur :

Δ_{xy} – leidžiamas riboženklių koordinačių nesutapimas 0.30 m;

x_i, y_i – kadastrinių matavimų metu nustatytos koordinatės;

x_{oi}, y_{oi} – optimizuotos koordinatės.

Remianti Kadastro nuostatų reglamentuojamu leistinu 0.30 m koordinačių nesutapimu, apibrėžiama ribojimų aibių sankirtos erdvė, kurios ribose tėra galimas koordinačių kitimas (4.7 pav.).



4.7 pav. Ribojimų aibių sankirtos erdvė

Pagal šiuos ribojimus GA programa apskaičiuojamos $X_{\min}$, $Y_{\min}$ ir $X_{\max}$, $Y_{\max}$ reikšmės, kurių negali viršyti optimizavimo metu gautos naujų koordinačių reikšmės (4.5 lentelė).

4.5 lentelė. Genetiniu algoritmu apskaičiuotos $X_{\min}$, $Y_{\min}$ ir $X_{\max}$, $Y_{\max}$ reikšmės

Nesutampančių taškų Nr.	Kadastrinių matavimų metu nustatytos koordinatės $n(x, y)$		GA apskaičiuota $X_{\min}, Y_{\min}$ (m) reikšmė		GA apskaičiuota $X_{\max}, Y_{\max}$ (m) reikšmė	
	x (m)	y (m)	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)
X_1, Y_1	6064854.36	589770.72	6064854.06	589770.42	6064854.58	589770.89
	6064854.36	589770.72				
	6064854.28	589770.59				
X_2, Y_2	6064861.06	589744.58	6064860.76	589744.28	6064861.24	589744.66
	6064860.94	589744.36				
	6064860.94	589744.36				
X_3, Y_3	6064872.85	589697.19	6064872.55	589696.98	6064873.01	589697.49
	6064872.71	589697.28				
	6064872.71	589697.28				
X_4, Y_4	6064812.34	589682.92	6064812.04	589682.71	6064812.43	589683.22
	6064812.13	589683.01				

2.) *Remiantis Kadastro nuostatų 32.1.2.3. punktu, koordinuojamų taškų koordinatės turi būti apskaičiuojamos 0.01 m tikslumu [2].*

3.) *Žemės sklypų bloką sudarančios koordinatės yra išorinių žemės sklypų riboženklių koordinatės. Jos laikomos tvirtomis ir neoptimizuojamos.*

4.) *Žemės sklypų bloko plotas turi būti lygus visų žemės sklypų plotui:*

$$P_{bloko} = \sum P; \quad (4.8)$$

5.) *Pavienių žemės sklypų plotų pokyčių ribojimai turi atitikti sąlygą:*

$$\Delta P \leq \Delta P_{rib.}; \quad (4.9)$$

$$\Delta P_{rib.} \leq k\sqrt{P}. \quad (4.10)$$

$$k = 0,06$$

Kur:

$\Delta P_{rib.}$ – maksimali leistina (ribinė) reglamentuota teisės aktais ploto paklaida;

k – norminiais dokumentais reglamentuotas koeficientas [2].

6.) *Žemės sklypų grupės plotų pokytis turi tenkinti sąlygą:*

$$\sum \Delta P \leq k\sqrt{\sum P}. \quad (4.11)$$

Suformulavus optimizavimo sąlygą ir ribojimų sistemą reikalinga nusistatyti GA parametrus: populiacijos dydį, modeliujamų populiacijų skaičių, kryžminimo tikimybę ir mutacijos tikimybę.

Populiacija – atsitiktinai atriktų sprendinių – individų aibė. Populiacijos dydis yra lygus individų kiekiui. GA uždavinyje populiacijos dydis ir populiacijų skaičius yra pasirenkami fiksuoti. Populiacijos dydis ir skaičius lemia iteracijų skaičių ir sprendinio kokybę, tačiau taip pat lėtina ir apsunkina

skaičiavimo procesą. Norint gauti kokybišką sprendinį per kuo trumpesnę laiką, reikalinga pasirinkti tinkamą mutacijos tikimybės ir populiacijos dydžių santykį.

Kryžminimo tikimybė – tai tikimybė, jog kryžminimo stadijoje atrinkti individai atsitiktiniu būdu apsisuks informacija tarp populiacijos individų.

Mutacijos tikimybė lemia jog mutacijos procesas bus vykdomas paskirstytai, atsitiktiniams populiacijos individams. Ši tikimybė turi būti pasirinkta nei per maža, nei per didelė, nes netinkamas pasirinkimas gali sumažinti algoritmo efektyvumą.

Kokybiškam sprendiniui gauti ir geram sprendimo paieškos veikimui, atsižvelgiant į užduoties sudėtingumą ir tipą, yra būtina teisingai suderinti šiuos parametrus. Plėtojantis GA uždavinių taikymui įvairiose srityse yra vykdomi iš šių parametrų nustatymo tyrimai, tačiau kol kas tai vykdoma tik teoriškai. Šiame darbe naudoti programos „MATLAB R2009b“ standartiniai parametrai, kurių reikšmės pateiktos 4.6 lentelėje.

4.6 lentelė. Genetinio algoritmo standartiniai parametrai

Parametras	Parametro dydis
Populiacijos dydis	100
Populiacijų skaičius	20
Kryžminimo tikimybė	80 %
Mutacijos tikimybė	20 %

4.4. Pradinė populiacija

Turint optimizavimo tikslo funkciją, ribojimų sistemą ir pasirinkus optimizavimo parametrus, toliau generuojama pradinė populiacija. Tam, kad įvertinti genetinių algoritmų tinkamumą žemės sklypų ribų topologijų optimizavimui nekilnojamojo turto kadastro žemėlapyje, eksperimentui atlikti bus naudojami 4.1. skyriuje minėtos žemės sklypų grupės duomenys :

- atskirus žemės sklypus aprašančios riboženklų x ir y koordinatų reikšmės valstybinėje koordinatų sistemoje, pateiktos 4.1 lentelėje;
- žemės sklypų bloko riboženklų x ir y koordinatų reikšmės valstybinėje koordinatų sistemoje, pateiktos 4.2 lentelėje;
- analitiniu būdu pagal turimas koordinates apskaičiuotos žemės sklypų ir bloko plotų reikšmės (m^2), pateiktos 4.7 lentelėje;

4.7 lentelė. Žemės sklypų ir bloko plotų reikšmės

Sklypo Nr.	Plotas (m ²)
A	22837.00
B	13478.09
C	4915.72
D	2932.64
E	3830.72
Blokas	47994.17

Optimizavimo uždavinio esmė yra pakoreguoti sąsajose esančių sklypų koordinates, kad būtų išvengta topologinių klaidų. 4.8 lentelėje pateiktos nesutampančių koordinačių reikšmės ir jų vidutinės reikšmės. Uždavinio tikslas rasti optimizuotas koordinačių **X1, Y1, X2, Y2, X3, Y3, X4, Y4** reikšmes. Taigi šio uždavinio individą sudarys 8 nežinomieji – **X1, Y1, X2, Y2, X3, Y3, X4, Y4**. Tolimesniuose skyriuose bus pateikti algoritmo skaičiavimo ciklą eigą ir rezultatų ištraukos.

4.8 lentelė. Topologiškai nesutampančių riboženklų koordinatės ir jų vidutinės reikšmės

Topologiškai nesutampančių taškų Nr.	Topologiškai nesutampančių sklypų riboženklų Nr.	Kadastrinių matavimų metu nustatytos koordinatės (x, y)		Nesutampančių kadastriniais matavimais nustatytų koordinačių vidurkiai (x _{vid} , y _{vid})	
		x (m)	y (m)	x _{vid} (m)	y _{vid} (m)
X₁, Y₁	C-2	6064854.36	589770.72	6064854.33	589770.68
	D-3	6064854.36	589770.72		
	E-4	6064854.28	589770.59		
X₂, Y₂	A-1	6064861.06	589744.58	6064860.98	589744.43
	C-3	6064860.94	589744.36		
	E-3	6064860.94	589744.36		
X₃, Y₃	A-7	6064872.85	589697.19	6064872.76	589697.25
	B-2	6064872.71	589697.28		
	C-4	6064872.71	589697.28		
X₄, Y₄	A-6	6064812.34	589682.92	6064812.24	589682.97
	B-3	6064812.13	589683.01		

4.5. Skaičiavimai pagal pirmąją tikslo funkciją

Pirmasis tyrimo etapas atliekamas skaičiavimams naudojant optimizuotų plotų P' santykinę plotų pokyčių, nuo kadastrinių matavimų nustatytų plotų P minimizavimo funkciją:

$$F = \sum \frac{|\Delta P|}{P} \rightarrow \min; \quad (4.1)$$

Kad galėtume įvertinti optimizavimo rezultatus, prieš atliekant žemės sklypų nesutampančių koordinatinių optimizavimą GA metodu pirmiausia atlikome skaičiavimus taikant variantų perrinkimo algoritmą.

4.5.1. Variantų perrinkimas

Tai bendras daugelio uždavinių sprendimo algoritmų sudarymo principas, kai sprendinys randamas patikrinus baigtinį variantų skaičių. Pagal turimus pradinis duomenis, šiuo atveju tai kadastriniais matavimais nustatytos žemės sklypų riboženklų koordinatės, atliekami skaičiavimai pagal nustatytą optimizavimo sąlygą. Skaičiavimų tikslas nustatyti optimalią galimą sąlygos reikšmę, kuri bus lyginama su GA skaičiavimais gauta reikšmė, siekiant išsiaiškinti ar tikslinga atlikti koordinatinių optimizavimą GA metodu, ar tiesiog pakanka iš turimų geodeziškai pamatuotų koordinatinių išrinkti geriausiai sąlygos reikšmę atitinkantį variantą.

Pagal turimas nesutampančių taškų koordinatinių reikšmes, taikant nustatytą optimizavimo funkciją buvo perrinkti 54 variantai. Gauti rezultatai pateikti 4.9 lentelėje.

4.9 lentelė. Variantų perrinkimo algoritmo skaičiavimų rezultatai

Eil Nr.	F	Eil Nr.	F	Eil Nr.	F
1	0.003322	19	0.005597	37	0.003322
2	0.002901	20	0.005175	38	0.002901
3	0.003256	21	0.005530	39	0.003256
4	0.002834	22	0.005109	40	0.002834
5	0.003256	23	0.005530	41	0.003256
6	0.002834	24	0.005109	42	0.002834
7	0.002854	25	0.003568	43	0.002854
8	0.002433	26	0.003146	44	0.002433
9	0.002370	27	0.003505	45	0.002370
10	0.001949	28	0.003083	46	0.001949
11	0.002370	29	0.003505	47	0.002370
12	0.001949	30	0.003083	48	0.001949
13	0.002854	31	0.003568	49	0.002854
14	0.002433	32	0.003146	50	0.002433
15	0.002370	33	0.003505	51	0.002370
16	0.001949	34	0.003083	52	0.001949
17	0.002370	35	0.003505	53	0.002370
18	0.001949	36	0.003083	54	0.001949

Pagal 4.9 lentelėje pateiktus rezultatus matyti, kad didžiausia gauta reikšmė $F_{\max} = 0,005597$, $F_{\min} = 0,001949$. Iš viso gauti 8 galimi vienodi variantai, nes keletas koordinačių buvo pasikartojančios. Kadangi mažiausia gauta perrinkimo reikšmė žinoma, galima atrinkti optimalių koordinačių porų reikšmes (4.10 lentelė). Skaičiavimams naudojant šias koordinates visiems bendriems nesutampantiems taškams, būtų gaunami mažiausi plotų nuokrypiai (4.11 lentelė).

4.10 lentelė. Optimalios koordinatų reikšmės nustatytos variantų perrinkimo algoritmu

Topologiškai nesutampančių taškų Nr.	Topologiškai nesutampantys sklypų riboženklų Nr.	Kadastrinių matavimų metu nustatytos koordinatės (x, y)		Variantų perrinkimo algoritmu nustatytos optimalios koordinatės	
		x (m)	y (m)	X (m)	Y (m)
X₁, Y₁	C-2	6064854.36	589770.72	6064854.36	589770.72
	D-3	6064854.36	589770.72		
	E-4	6064854.28	589770.59		
X₂, Y₂	A-1	6064861.06	589744.58	6064860.94	589744.36
	C-3	6064860.94	589744.36		
	E-3	6064860.94	589744.36		
X₃, Y₃	A-7	6064872.85	589697.19	6064872.71	589697.28
	B-2	6064872.71	589697.28		
	C-4	6064872.71	589697.28		
X₄, Y₄	A-6	6064812.34	589682.92	6064812.13	589683.01
	B-3	6064812.13	589683.01		

4.11 lentelė. Žemės sklypų plotų palyginimas prieš ir po skaičiavimo variantų perrinkimo metodu

Sklypo Nr.	Plotas gautas iš pradinių koordinatų reikšmių (m ²)	Plotas gautas iš koordinatų reikšmių atrinktų variantų perrinkimo metodu (m ²)	Plotų pokytis ΔP (m ²)
A	22837.00	22805.58	31.42
B	13478.09	13478.09	0.00
C	4915.72	4915.72	0.00
D	2932.64	2932.64	0.00
E	3830.72	3832.91	-2.19
Blokas	47994.17	47964.94	29.23

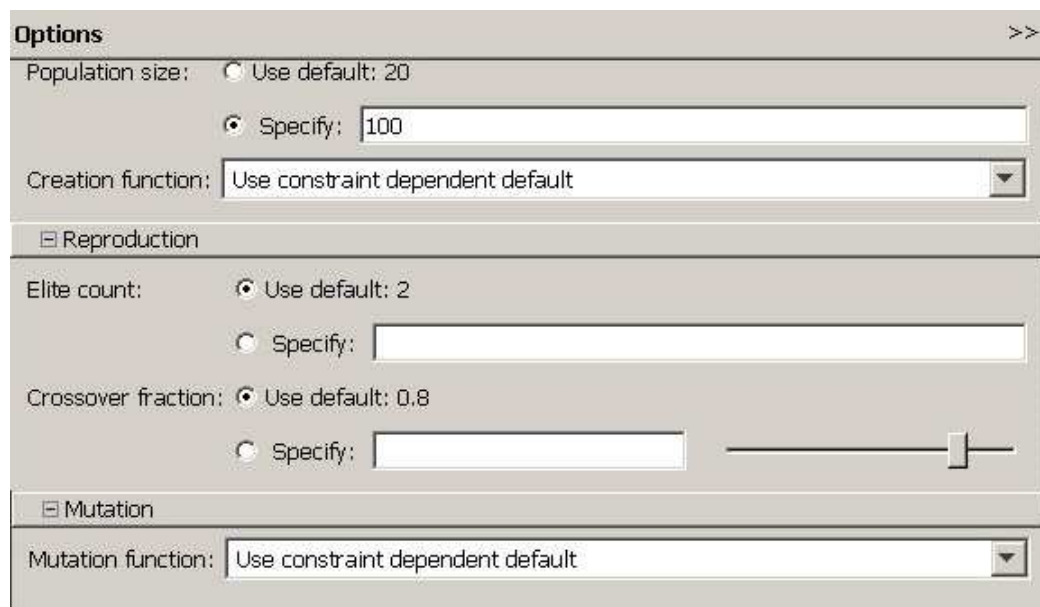
Variantų perrinkimo algoritmu gaunamas bendras plotų skirtumas prieš ir po optimizavimo $\Delta P = 29,23 \text{ m}^2$.

Remiantis 4.11 lentelės duomenimis didžiausias ploto nuokrypis (31.42 m^2) tenka žemės sklypui Nr. A, kurio trys ribos posūkio taškai yra koreguotini ir plotas yra didžiausias. Žemės sklypų B, C, ir D plotai nepakito.

4.5.2. Optimizavimas genetinio algoritmo metodu

Pagal turimus pradinis duomenis, pasirinktą optimizavimo funkciją ir ribojimų sistemą atliekamas koordinačių optimizavimas genetinio algoritmo metodu.

Skaičiavimams atlikti „MATLAB R2009b“ programos operaciniame lange parenkami genetinio algoritmo parametrai: populiacijos dydis, kryžminimo tikimybė, mutacijos tikimybė (4.8 pav.).



4.8 pav. Genetinio algoritmo parametrų nustatymas

Populiacijos dydis parinktas 100, kryžminimo tikimybė 80%, o mutacijos tikimybė parenkama standartinė.

Optimizavimo uždavinio sprendimo ciklas pradedamas nuo pradinės populiacijos generavimo pagal pradinis duomenis – pagal turimas išmatuotas koordinačių reikšmes, sudaroma populiacija iš atsitiktinių sprendinių. Populiacijos individą sudaro 8 nežinomieji – X_1 , Y_1 , X_2 , Y_2 , X_3 , Y_3 , X_4 , Y_4 . Pradinės populiacijos generavimo proceso rezultatų ištrauka pateikta 4.12 lentelėje

4.12 lentelė. Pradinės populiacijos generavimo etapo rezultatų ištrauka

F	X ₁ (m)	Y ₁ (m)	X ₂ (m)	Y ₂ (m)	X ₃ (m)	Y ₃ (m)	X ₄ (m)	Y ₄ (m)
0.009018	6064812.17	589682.83	6064873.10	589697.15	6064861.31	589744.71	6064854.11	589770.53
0.003961	6064812.26	589683.02	6064872.87	589697.18	6064861.12	589744.53	6064854.34	589770.66
0.003322	6064812.39	589682.90	6064872.87	589697.18	6064861.08	589744.47	6064854.23	589770.78
0.004416	6064812.22	589682.84	6064872.78	589697.17	6064860.89	589744.49	6064854.25	589770.65
0.003751	6064812.31	589682.93	6064872.93	589697.16	6064860.86	589744.53	6064854.35	589770.73
0.008559	6064812.08	589682.83	6064872.73	589697.12	6064860.81	589744.54	6064854.07	589770.48
0.006433	6064812.30	589683.11	6064872.73	589697.12	6064861.04	589744.81	6064854.05	589770.55
0.005551	6064812.15	589682.77	6064872.85	589697.19	6064860.83	589744.49	6064854.12	589770.61
0.003729	6064812.60	589683.01	6064872.89	589697.34	6064860.78	589744.47	6064854.37	589770.69
0.004103	6064812.36	589682.95	6064872.86	589697.21	6064861.09	589744.62	6064854.40	589770.75
...	...	...	...	...	...	...	...	...

Iš generuotos populiacijos yra atrenkami nauji individai, kurie nuo kitų skiriasi geresnėmis optimizavimo funkcijos reikšmėmis. Šiame uždavinyje kuo mažesnę optimizavimo funkcijos reikšmę turi individas, tuo jis turi daugiau galimybių patekti į naujai sudaromą populiaciją.

Kitas optimizavimo uždavinio etapas yra kryžminimo stadija, kurios metu atsitiktiniai individai pagal priimtą kryžminimo tikimybę 80 % apsieičia informacija su kitais populiacijos individais (4.13 lentelė).

4.13 lentelė. Populiacijos kryžminimo etapo rezultatų ištrauka

F	X ₁ (m)	Y ₁ (m)	X ₂ (m)	Y ₂ (m)	X ₃ (m)	Y ₃ (m)	X ₄ (m)	Y ₄ (m)
...	6064812.26	589682.82	6064873.11	589697.18	6064861.31	589744.71	6064854.23	589770.65
...	6064812.18	589683.02	6064872.87	589697.15	6064861.13	589744.53	6064854.33	589770.66
...	6064812.38	589682.84	6064872.78	589697.19	6064861.08	589744.48	6064854.11	589770.78
...	6064812.22	589682.89	6064872.86	589697.17	6064860.90	589744.49	6064854.25	589770.54
...	...	...	...	...	...	...	...	...

Pagal 4.13 lentelės duomenis matyti jog kryžminio stadijos metu dalis populiacijos individų apsieitė koordinatų $X_1, Y_1, X_2, Y_2, X_3, Y_3, X_4, Y_4$ reikšmių informacija.

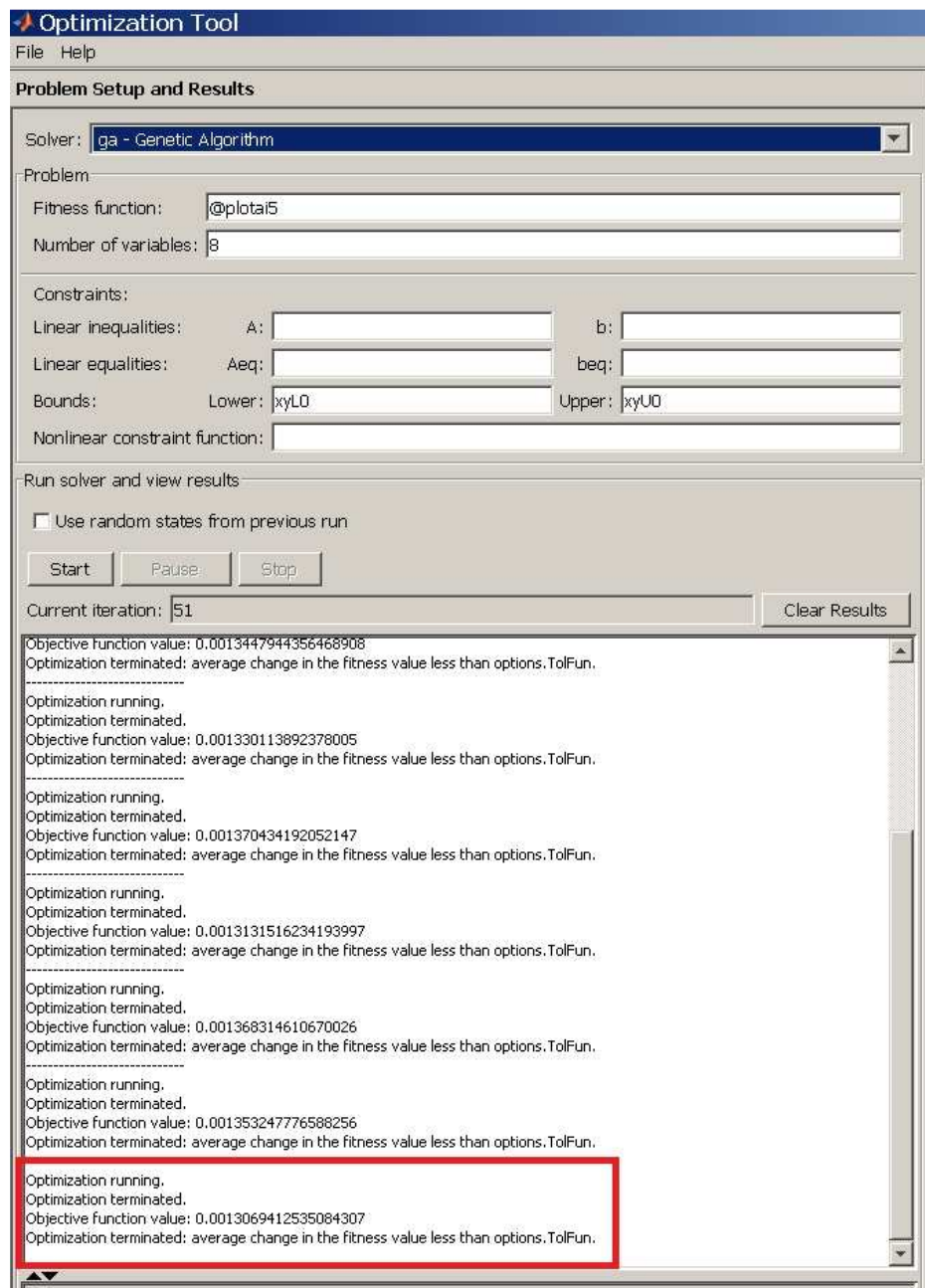
Kryžminimo etapu gauta populiacija toliau dalyvauja mutacijos operacijoje. Šiuo etapu optimizuojamos koordinatės mutuoja jų reikšmes didinant ar mažinant tam tikru žingsniu. Mutacijos operacijos rezultatų ištrauka pateikta 4.14 lentelėje.

4.14 lentelė. Mutacijos stadijos rezultatų ištrauka

F	X ₁ (m)	Y ₁ (m)	X ₂ (m)	Y ₂ (m)	X ₃ (m)	Y ₃ (m)	X ₄ (m)	Y ₄ (m)
...	6064812.26	589682.98	6064873.00	589697.37	6064860.98	589744.30	6064854.17	589770.65
...	6064812.17	589683.20	6064872.66	589697.15	6064861.12	589744.37	6064854.22	589770.66
...	6064812.39	589683.12	6064872.78	589697.28	6064861.08	589744.47	6064854.11	589770.70
...	6064812.22	589683.14	6064872.87	589697.17	6064860.89	589744.49	6064854.09	589770.63
...	...	...	...	...	...	...	...	...

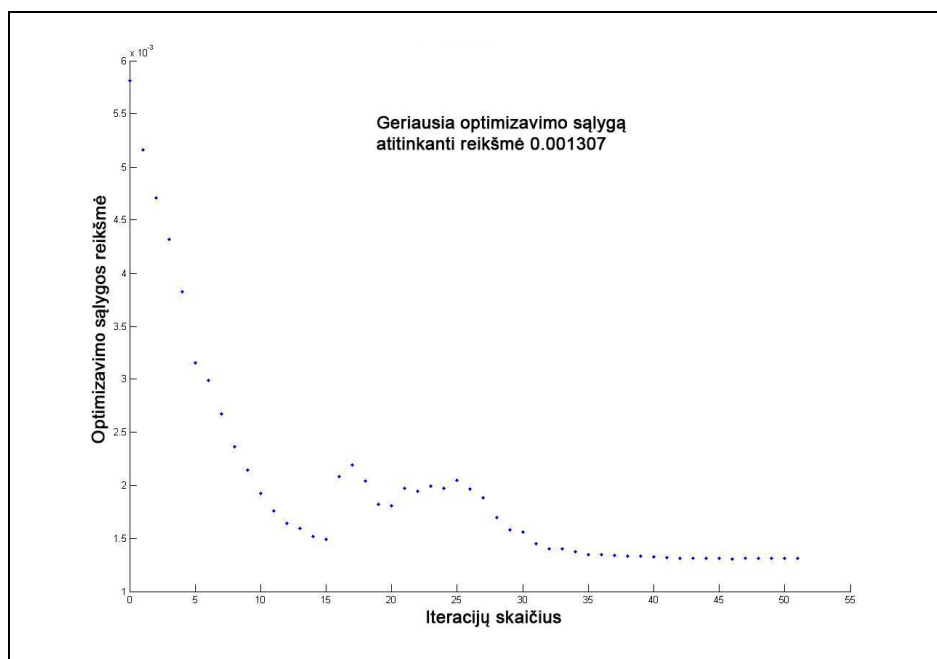
Kryžminimo ir mutacijos operacijų metu pasikeitė populiacijos individai – optimizuojamų koordinatų X_1 , Y_1 , X_2 , Y_2 , X_3 , Y_3 , X_4 reikšmės, todėl keitėsi ir optimizavimo funkcijos reikšmės. Atlikus nustatytą kiekį algoritmo skaičiavimo iteracijų, gavus geriausią optimizavimo funkcijos reikšmę, ar kai gaunama optimizavimo funkcijos reikšmė nebekinta, ciklas pasibaigia. Negavus pageidaujamo rezultato skaičiavimai gali būti cikliška kartojami generuojant naują populiaciją iš gautosios prieš tai buvusioame cikle, kol gaunamas funkciją tenkinantis rezultatas.

Populiacijos dydis skaičiavimams parinktas 100, t.y. kiekvienoje iteracijoje generuojama 100 populiacijų, programai atlikus 51 skaičiavimo iteraciją optimizavimo funkcijos reikšmė nebekito, todėl toliau skaičiavimus atlikti buvo netikslinga ir ciklas buvo automatiškai nutrauktas. „MATLAB R2009b“ programa sumodeliuotame algoritmo skaičiavimo lange gautos optimizavimo sąlygos reikšmės, atlikus 51 iteraciją pavaizduotos 4.9 pav.



4.9 pav. Optimizavimo funkcijos rezultatai programos „MATLAB R2009b“ lange

4.10 paveiksle pavaizduotas optimizavimo funkcijos reikšmių kitimas atlikus 51 skaičiavimų iteraciją.



4.10 pav. Optimizavimo funkcijos reikšmių kitimas

4.10 paveiksle pavaizduotame grafike matyti kad atlikus 51 skaičiavimo iteraciją geriausia gauta optimizavimo funkcijos reikšmė $F_{\min} = 0.001307$. Skaičiavimų pradžioje optimizavimo funkcijos reikšmės kito ženkliai iki trisdešimos skaičiavimo iteracijos, toliau skaičiavimų reikšmės nekito, todėl galima teigti jog gautas geriausias galimas sprendinys. Programa atrinko koordinatinių $X_1, Y_1, X_2, Y_2, X_3, Y_3, X_4$ poras, su kuriomis gauta mažiausia optimizavimo funkcijos reikšmė. Šios koordinatės pavaizduotos 4.15 lentelėje.

4.15 lentelė. Optimizuotų koordinatinių reikšmių pralyginimas su pradinėmis koordinatinių reikšmėmis

Topologiškai nesutampančių taškų Nr.	Topologiškai nesutampantys sklypų riboženklių Nr.	Kadastrinių matavimų metu nustatytos koordinatės (x, y)		Optimizavimo metu gautos koordinatinių reikšmės	
		x (m)	y (m)	X (m)	Y (m)
X_1, Y_1	C-2	6064854.36	589770.72	6064854.36	589770.72
	D-3	6064854.36	589770.72		
	E-4	6064854.28	589770.59		
X_2, Y_2	A-1	6064861.06	589744.58	6064860.99	589744.46
	C-3	6064860.94	589744.36		
	E-3	6064860.94	589744.36		

4.15 lentelės tęsinys:

X_3, Y_3	A-7	6064872.85	589697.19	6064872.80	589697.18
	B-2	6064872.71	589697.28		
	C-4	6064872.71	589697.28		
X_4, Y_4	A-6	6064812.34	589682.92	6064812.06	589683.19
	B-3	6064812.13	589683.01		

Apskaičiuotos koordinačių reikšmės privalo atitikti GA nustatytas $X_{\min}, Y_{\min}$ ir $X_{\max}, Y_{\max}$ reikšmes aprašytas 4.2. skyriuje. Pagal 4.16 lentelės duomenis matoma jog optimizavimo metu gautos koordinatės neviršija nustatytų minimalių ir maksimalių ribojimų, todėl pagal šios gautos koordinatės atitiko nustatytą ribojimų sistemą ir naudojant jas gali būti paskaičiuoti žemės sklypų plotai.

4.16 lentelė. Optimizuotų koordinačių ir ribojimų reikšmių palyginimas

Nesutampančių taškų Nr.	GA apskaičiuota galima $X_{\min}, Y_{\min}$ (m) reikšmė		GA apskaičiuotos koordinatės X, Y (m)		GA apskaičiuota galima $X_{\max}, Y_{\max}$ (m) reikšmė	
	X (m)	X (m)	X (m)	X (m)	X (m)	Y (m)
X_1, Y_1	6064854.06	589770.42	6064854.36	589770.72	6064854.58	589770.89
X_2, Y_2	6064860.76	589744.28	6064860.99	589744.46	6064861.24	589744.66
X_3, Y_3	6064872.55	589696.98	6064872.80	589697.18	6064873.01	589697.49
X_4, Y_4	6064812.04	589682.71	6064812.06	589683.19	6064812.43	589683.22

Pagal gautas reikšmes paskaičiuojami žemės sklypų plotai ir plotų pokyčiai. Rezultatai pateikiami 4.17 lentelėje.

4.17 lentelė. Optimizuotų ir pradinių plotų palyginimas

Sklypo Nr.	Plotas gautas paskaičiavus su pradinėmis koordinatų reikšmėmis (m ²)	Plotas gautas paskaičiavus su GA gautomis koordinatų reikšmėmis (m ²)	Plotų skirtumai ΔP (m ²)
A	22837.00	22807.80	29.20
B	13478.09	13478.15	-0.06
C	4915.72	4915.62	0.10
D	2932.64	2932.64	0.00
E	3830.72	3830.73	-0.01
Blokas	47994.17	47964.93	29.23

Pagal 4.17 lentelės duomenis matome jog geodeziškai pamatuotos valstybinėje koordinatų sistemoje 47994.17 m² žemės sklypų grupės plotas, atlikus koordinatų optimizavimą, sumažėjo 29.23 m. Panaikinus topologinius nesutapimus didžiausias pradinių ir optimizuotų plotų skirtumas tenka žemės sklypui Nr. A.

4.6. Skaičiavimai pagal antrąją optimizavimo funkciją

Šiame skyriuje nagrinėjamas optimizavimo uždavinys taikant antrąją optimizavimo funkciją aptartą 4.1. skyriuje. Skaičiavimai ir algoritmo sudarymo tvarka yra analogiška kaip ir 4.5. skyriuje, tačiau taikoma kita minimizavimo sąlyga: optimizuotų plotų P' kvadratinų nuokrypių, nuo kadastrinių matavimų nustatytų plotų P , suma turi būti minimali.

$$F = \sqrt{\sum \frac{\Delta P^2}{P}} \rightarrow \min; \quad (4.5)$$

4.6.1. Variantų perrinkimas

Taikant aukščiau nurodytą optimizavimo funkciją atliktas variantų perrinkimo algoritmas pagal turimas pradines koordinatų reikšmes. Analogiškai kaip ir 4.5.1. skyriuje atliktos 54 skaičiavimų iteracijos. Gauti rezultatai pateikti 4.18 lentelėje.

4.18 lentelė. Variantų perrinkimo algoritmo skaičiavimų rezultatai

Eil Nr.	F	Eil Nr.	F	Eil Nr.	F
1	0.20358	19	0.23516	37	0.20358
2	0.14184	20	0.18431	38	0.14184
3	0.16145	21	0.20161	39	0.16145
4	0.16773	22	0.20668	40	0.16773
5	0.16145	23	0.20161	41	0.16145
6	0.16773	24	0.20668	42	0.16773
7	0.20194	25	0.21151	43	0.20194
8	0.18132	26	0.19192	44	0.18132
9	0.17029	27	0.18359	45	0.17029
10	0.21088	28	0.22176	46	0.21088
11	0.17029	29	0.18359	47	0.17029
12	0.21088	30	0.22176	48	0.21088
13	0.20194	31	0.21151	49	0.20194
14	0.18132	32	0.19192	50	0.18132
15	0.17029	33	0.18359	51	0.17029
16	0.21088	34	0.22176	52	0.21088
17	0.17029	35	0.18359	53	0.17029
18	0.21088	36	0.22176	54	0.21088

Pagal 4.18 lentelėje pateiktus rezultatus matyti, jog didžiausia gauta reikšmė $F_{\max} = 0.23516$, mažiausia gauta reikšmė $F_{\min} = 0.14184$. Gavus mažiausią optimizavimo funkcijos reikšmę, atrenkamos optimalios koordinačių reikšmės, su kuriomis gautas mažiausias plotų pokytis.

4.19 lentelė. Optimalios koordinačių reikšmės nustatytos variantų perrinkimo algoritmu

Topologiškai nesutampančių taškų Nr.	Topologiškai nesutampantys sklypų riboženklų Nr.	Kadastrinių matavimų metu nustatytos koordinatės (x, y)		Variantų perrinkimo algoritmu nustatytos optimalios koordinatės	
		x (m)	y (m)	X (m)	Y (m)
X_1, Y_1	C-2	6064854.36	589770.72	6064854.36	589770.72
	D-3	6064854.36	589770.72		
	E-4	6064854.28	589770.59		
X_2, Y_2	A-1	6064861.06	589744.58	6064861.06	589744.58
	C-3	6064860.94	589744.36		
	E-3	6064860.94	589744.36		

4.19 lentelės tęsinys:

X_3, Y_3	A-7	6064872.85	589697.19	6064872.85	589697.19
	B-2	6064872.71	589697.28		
	C-4	6064872.71	589697.28		
X_4, Y_4	A-6	6064812.34	589682.92	6064812.13	589683.01
	B-3	6064812.13	589683.01		

4.20 lentelė. Žemės sklypų plotų palyginimas prieš ir po skaičiavimo variantų perrinkimo metodu

Sklypo Nr.	Plotas gautas iš pradinių koordinačių reikšmių (m^2)	Plotas gautas iš koordinačių reikšmių atrinktų variantų perrinkimo metodu (m^2)	Plotų pokytis ΔP (m^2)
A	22837.00	22823.13	13.87
B	13478.09	13470.56	7.53
C	4915.72	4910.31	5.41
D	2932.64	2932.64	0.00
E	3830.72	3828.3	2.42
Blokas	47994.17	44136.64	29.23

Taikant antrąją optimizavimo funkciją variantų perrinkimo algoritmu bendras plotų skirtumas prieš ir po optimizavimo gaunamas toks pat kaip ir su pirmąja optimizavimo funkcija $\Delta P = 29.23 m^2$. Didžiausias ploto nuokrypis nuo apskaičiuoto pagal išmatuotas koordinates ($13.87 m^2$) tenka sklypui Nr. A.

4.6.2. Optimizavimas genetinio algoritmo metodu

Pagal turimus pradinius duomenis, ribojimų sistemą ir pasirinktą antrąją optimizavimo funkciją atliekamas koordinačių optimizavimas genetinio algoritmo metodu.

„MATLAB R2009b“ programos operaciniame lange parenkami genetinio algoritmo parametrai: populiacijos dydis, kryžminimo tikimybė, mutacijos tikimybė (4.11 pav.).

Options >>

Population size: ☐ Use default: 20
☒ Specify:

Creation function: ▼

Reproduction

Elite count: ☒ Use default: 2
☐ Specify:

Crossover fraction: ☒ Use default: 0.8
☐ Specify:

Mutation

Mutation function: ▼

4.11 pav. Genetinio algoritmo parametrų nustatymas

Parametrų dydžiai parenkami tokie pat kaip ir skaičiuojant su pirmąja optimizavimo funkcija: populiacijos dydis - 100, kryžminimo tikimybė - 80 %, o mutacijos tikimybė parenkama programoje nustatyta standartinė.

Pirmiausia atliktas pradinės populiacijos generavimas, kurio rezultatų ištrauka pateikta 4.21 lentelėje.

4.21 lentelė. Pradinės populiacijos generavimo etapo rezultatų ištrauka

F	X_1 (m)	Y_1 (m)	X_2 (m)	Y_2 (m)	X_3 (m)	Y_3 (m)	X_4 (m)	Y_4 (m)
0.261206	6064812.40	589682.94	6064872.93	589697.22	6064861.10	589744.64	6064854.43	589770.75
0.184377	6064812.31	589682.89	6064872.76	589697.25	6064861.02	589744.64	6064854.38	589770.69
0.139723	6064812.28	589683.00	6064872.79	589697.32	6064860.99	589744.57	6064854.34	589770.82
0.184270	6064812.41	589683.01	6064872.78	589697.28	6064861.15	589744.53	6064854.25	589770.74
0.196861	6064812.43	589683.08	6064872.71	589697.20	6064861.01	589744.46	6064854.29	589770.79
0.195560	6064812.24	589683.01	6064872.74	589697.34	6064860.91	589744.63	6064854.27	589770.89
0.152653	6064812.30	589682.99	6064872.78	589697.27	6064861.03	589744.61	6064854.25	589770.80
0.244894	6064812.18	589683.03	6064872.76	589697.36	6064860.99	589744.76	6064854.33	589770.65
0.183733	6064812.26	589682.99	6064872.80	589697.13	6064860.97	589744.47	6064854.30	589770.68
0.237853	6064812.32	589682.95	6064872.83	589697.15	6064861.21	589744.48	6064854.27	589770.61
...	...	...	...	...	...	...	...	...

Atlikus pradinės populiacijos generavimą, toliau buvo atliktas koordinatų kryžminims. Šios stadijos rezultatų ištrauka pateikta 4.22 lentelėje.

4.22 lentelė. Populiacijos kryžminimo etapo rezultatų ištrauka

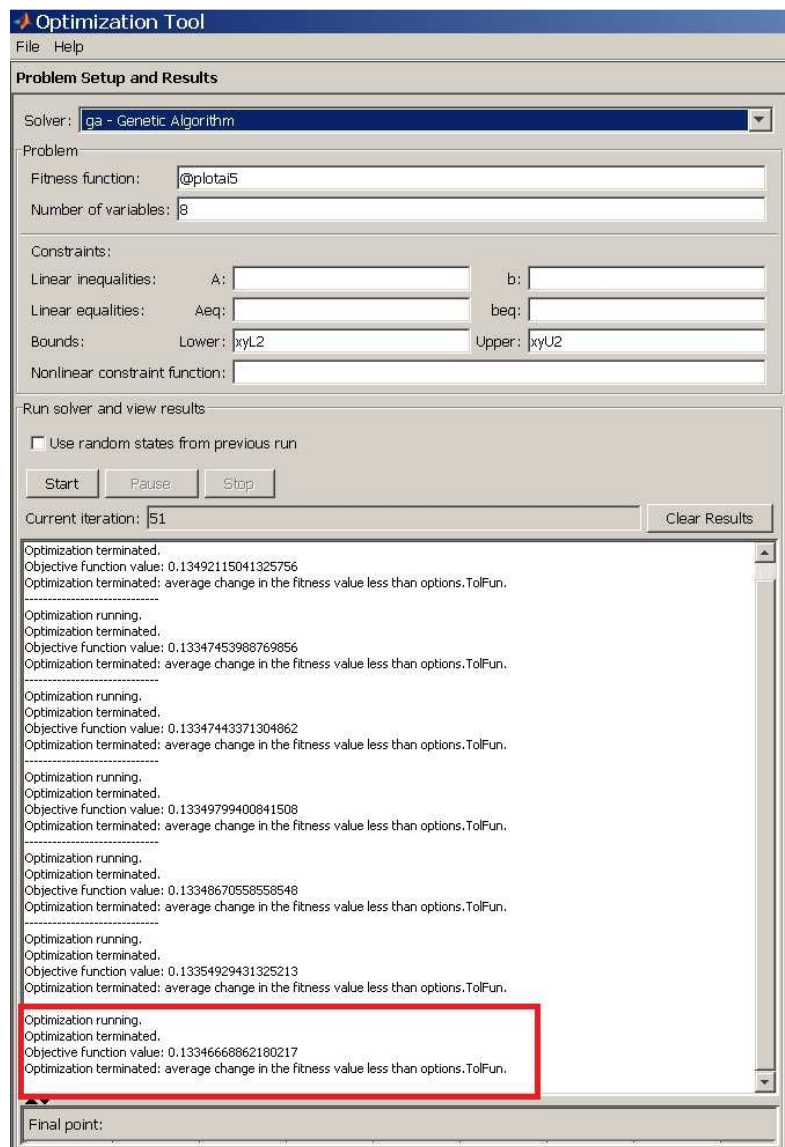
F	X ₁ (m)	Y ₁ (m)	X ₂ (m)	Y ₂ (m)	X ₃ (m)	Y ₃ (m)	X ₄ (m)	Y ₄ (m)
...	6064812.40	589682.94	6064872.93	589697.22	6064861.15	589744.53	6064854.43	589770.75
...	6064812.41	589683.01	6064872.78	589697.25	6064861.02	589744.64	6064854.38	589770.74
...	6064812.28	589683.00	6064872.79	589697.32	6064860.99	589744.57	6064854.34	589770.82
...	6064812.31	589682.89	6064872.76	589697.28	6064861.10	589744.64	6064854.25	589770.69
...	...	...	...	...	...	...	...	...

Kryžminimo metu gauta nauja populiacija dalyvauja mutacijos operacijoje, koordinačių reikšmės didinant ar mažinant nustatytu žingsniu. Mutacijos operacijos rezultatų ištrauka pateikta 4.23 lentelėje.

4.23 lentelė. Mutacijos stadijos rezultatų ištrauka

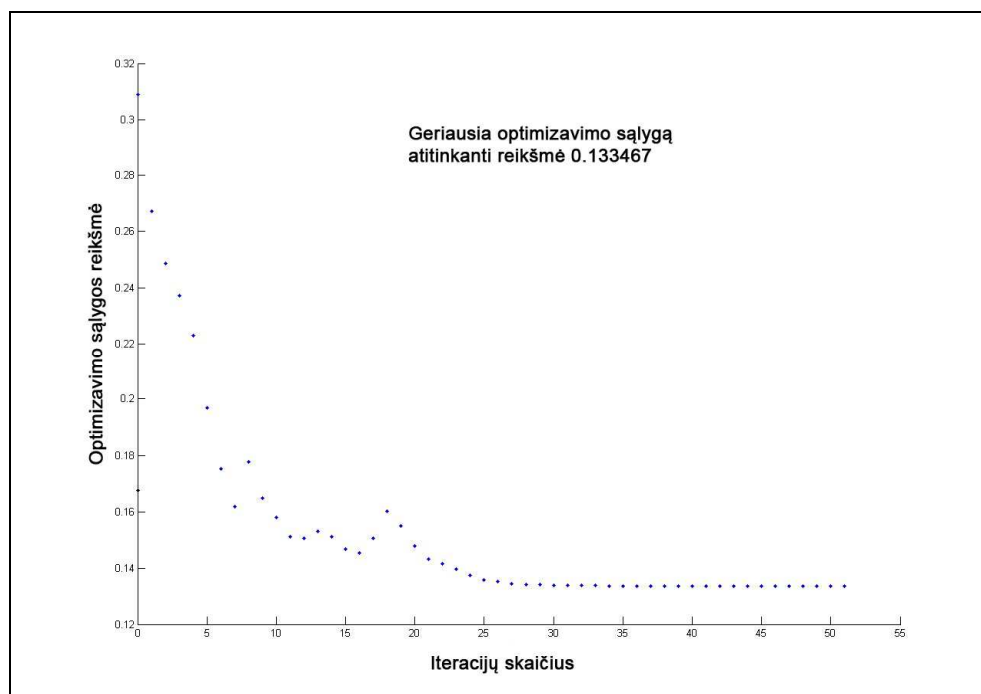
F	X ₁ (m)	Y ₁ (m)	X ₂ (m)	Y ₂ (m)	X ₃ (m)	Y ₃ (m)	X ₄ (m)	Y ₄ (m)
...	6064812.40	589682.94	6064872.93	589697.22	6064861.15	589744.53	6064854.43	589770.74
...	6064812.42	589683.01	6064872.78	589697.25	6064861.02	589744.63	6064854.38	589770.74
...	6064812.28	589683.01	6064872.80	589697.32	6064860.99	589744.57	6064854.34	589770.82
...	6064812.32	589682.89	6064872.76	589697.27	6064861.11	589744.64	6064854.26	589770.69
...	...	...	...	...	...	...	...	...

Analogiškai kaip ir su pirmąja optimizavimo funkcija buvo atlikta 51 skaičiavimo iteracija, kol algoritmas surado geriausią reikšmę. Programos lange matomas gautos optimizavimo funkcijos reikšmės (4.12 pav.).



4.12 pav. Optimizavimo funkcijos rezultatai programos „MATLAB R2009b“ lange

4.13 paveiksle pavaizduotas optimizavimo funkcijos reikšmių kitimas atlikus 51 skaičiavimų iteraciją.



4.13 pav. Optimizavimo funkcijos reikšmių kitimas

4.13 paveiksle pavaizduotame grafike matyti kad atlikus 51 skaičiavimo iteraciją geriausia gauta optimizavimo funkcijos reikšmė $F_{\min} = 0.13347$. Skaičiavimų pradžioje optimizavimo funkcijos reikšmės kitimas buvo ryškus, o nuo trisdešimtos skaičiavimų iteracijos rezultatai kito nežymiai. Geriausiai optimizavimo reikšmei gauti panaudotos koordinačių reikšmės pateiktos 4.24 lentelėje.

4.24 lentelė. Optimizuotų koordinačių reikšmių pralyginimas su pradinėmis koordinačių reikšmėmis

Topologiškai nesutampančių taškų Nr.	Topologiškai nesutampančios sklypų riboženklų Nr.	Kadastrinių matavimų metu nustatytos koordinatės (x, y)		Variantų perrinkimo algoritmu nustatytos optimalios koordinatės	
		x (m)	y (m)	X (m)	Y (m)
X_1, Y_1	C-2	6064854.36	589770.72	6064854.52	589770.81
	D-3	6064854.36	589770.72		
	E-4	6064854.28	589770.59		
X_2, Y_2	A-1	6064861.06	589744.58	6064860.99	589744.62
	C-3	6064860.94	589744.36		
	E-3	6064860.94	589744.36		

4.19 lentelės tęsinys:

X_3, Y_3	A-7	6064872.85	589697.19	6064872.76	589697.20
	B-2	6064872.71	589697.28		
	C-4	6064872.71	589697.28		
X_4, Y_4	A-6	6064812.34	589682.92	6064812.24	589683.16
	B-3	6064812.13	589683.01		

Atliekamas patikrinimas ar gautos koordinatų reikšmės neviršija GA nustatytų $X_{\min}$, $Y_{\min}$ ir $X_{\max}$, $Y_{\max}$ reikšmių aprašytų 4.3.2. skyriuje.

4.25 lentelė. Optimizuotų koordinatų ir ribojimų reikšmių palyginimas

Nesutam- pančių taškų Nr.	GA apskaičiuota galima $X_{\min}, Y_{\min}$ (m) reikšmė		GA apskaičiuotos koordinatės X, Y (m)		GA apskaičiuota galima $X_{\max}, Y_{\max}$ (m) reikšmė	
	X (m)	X (m)	X (m)	X (m)	X (m)	Y (m)
X_1, Y_1	6064854.06	589770.42	6064854.52	589770.81	6064854.58	589770.89
X_2, Y_2	6064860.76	589744.28	6064860.99	589744.46	6064861.24	589744.66
X_3, Y_3	6064872.55	589696.98	6064872.76	589697.20	6064873.01	589697.49
X_4, Y_4	6064812.04	589682.71	6064812.24	589683.16	6064812.43	589683.22

Pagal 4.25 lentelės duomenis matyti jog optimizavimo metu gautos koordinatės neviršija nustatytų minimalių ir maksimalių ribojimų, todėl gautos reikšmės tenkina optimizavimo uždavinį ir jas naudojant yra apskaičiuojami žemės sklypų plotai. Rezultatai pateikiami 4.26 lentelėje

4.26 lentelė. Optimizuotų ir pradinių plotų palyginimas

Sklypo Nr.	Plotas gautas paskaičiavus su pradinėmis koordinatų reikšmėmis (m^2)	Plotas gautas paskaičiavus su GA gautomis koordinatų reikšmėmis (m^2)	Plotų skirtumai (m^2)
A	22837.00	22823.05	13.95
B	13478.09	13469.80	8.29

4.26 lentelės tęsinys:

C	4915.72	4912.78	2.94
D	2932.64	2930.84	1.8
E	3830.72	3828.47	2.25
Blokas	47994.17	47964.93	29.23

Pagal 4.26 lentelės duomenis matyti jog atlikus koordinačių optimizavimą, taikant antrąją optimizavimo funkciją, 47994.17 m² ploto žemės sklypų grupės plotas sumažėjo 29.23 m². Gautas plotų skirtumas taikant abi optimizavimo funkcijas yra vienodas, tačiau taikant antrąją optimizavimo funkciją plotų skirtumas padalinamas visiems grupės sklypams atitinkamai pagal jų plotus.

4.7. Rezultatų analizė

Atlikus žemės sklypų ribų optimizavimą GA metodu pagal skirtingas optimizavimo funkcijas, gautus rezultatus reikalinga palyginti, tam kad būtų galima nustatyti kuri optimizavimo funkcija labiau tinkama ribų topologijų optimizavimo uždaviniui spręsti.

Rezultatų apžvalgai atlikti palyginami pagrindiniai apskaičiuoti rodikliai, pateikti 4.27 lentelėje.

4.27 lentelė. Optimizavimo rezultatų palyginimas

Optimizavimo funkcija F	Variantų perrinkimo rezultatai F	GA optimizavimo rezultatai F	F reikšmė skaičiavimams panaudojus optimizuotas koordinates	Žemės sklypų grupės bendras plotų skirtumas po variantų perrinkimo ΔP (m²)	Žemės sklypų grupės bendras plotų skirtumas po optimizavimo ΔP (m²)
Pirmoji optimizavimo funkcija: $F = \sum \frac{ \Delta P }{P} \rightarrow \min$	0.001949	0.001307	Skaičiavimus atlikus su antrąja funkcija	29.23	29.23
			0.193241		
Antroji optimizavimo funkcija: $F = \sqrt{\sum \frac{\Delta P^2}{P}} \rightarrow \min$	0.14184	0.133466	Skaičiavimus atlikus su pirmąja funkcija	29.23	29.23
			0.003026		

Pagal 4.27 lentelės duomenis matyti, jog tiek variantų perrinkimo, tiek GA skaičiavimais gaunamas bendras plotų skirtumas yra vienodas $\Delta P = 29.23 \text{ m}^2$, taigi nustatytas apribojimas jog sklypų bloko kontūras yra nekintamas išlaikytas. Bendras plotų skirtumas gautas vienodas, nes buvo optimizuotos tik vidinių bloko kampų koordinatės.

Pirmosios optimizavimo funkcijos variantų perrinkimo metodu gauta optimizavimo sąlygos reikšmė ženkliai didesnė už gautą GA optimizavimo metodu, taigi optimizavimas GA metodu taikant pirmąją optimizavimo funkciją davė geresnius rezultatus ir buvo tikslingas.

Išanalizavus antrosios optimizavimo funkcijos rezultatus, matyti jog skirtumas tarp variantų perrinkimo ir GA optimizavimo rezultatų nėra didelis, tačiau GA optimizavimas vėlgi davė geresnius rezultatus. Galime teigti, kad pradiniai matavimai buvo pakankamai tikslūs, nes optimizavimo metu nepavyko juos daug pagerinti.

Taikant pirmosios optimizavimo funkcijos skaičiavimų metu gautas optimizuotas riboženklų koordinatės, paskaičiuota optimizavimo funkcijos reikšmė pagal antrąją funkciją būtų $F = 0.193241$. Analogiškai taikant antrosios optimizavimo funkcijos skaičiavimais gautas koordinačių reikšmės, optimizavimo funkcijos reikšmė skaičiuojant su pirmąja optimizavimo funkcijos būtų $F = 0.003026$. Šie rezultatai rodo, jog gautos viena optimizavimo funkcijos optimizuotos koordinatės nėra tinkamos skaičiavimams su kita optimizavimo funkcija, todėl kiekvienu atveju reikalinga atlikti skaičiavimus geriausiam rezultatui gauti. Gauti atskirų žemės sklypų plotų skirtumai prieš optimizavimą ir po pateikti 4.28 lentelėje.

4.28 lentelė. Žemės sklypų plotų skirtumai prieš ir po optimizavimo

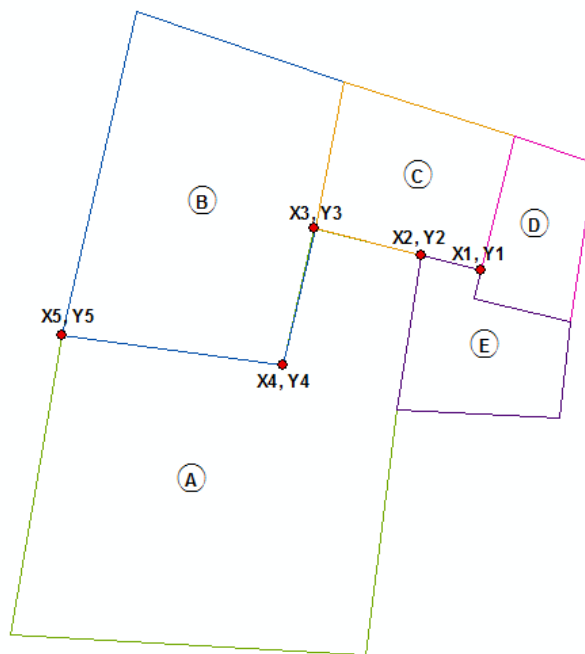
Sklypo Nr.	Plotas gautas paskaičiavus su pradinėmis koordinačių reikšmėmis (m^2)	Pirmosios optimizavimo funkcijos skaičiavimais gautas plotas (m^2) ir plotų skirtumas		Antrosios optimizavimo funkcijos skaičiavimais gautas plotas (m^2) ir plotų skirtumas	
		$F = \sum \frac{ \Delta P }{P} \rightarrow \min$	$\Delta P (\text{m}^2)$	$F = \sqrt{\sum \frac{\Delta P^2}{P}} \rightarrow \min$	$\Delta P (\text{m}^2)$
A	22837.00	22807.80	29.20	22823.05	13.95
B	13478.09	13478.15	-0.06	13469.80	8.29
C	4915.72	4915.62	0.10	4912.78	2.94
D	2932.64	2932.64	0.00	2930.84	1.80
E	3830.72	3830.73	-0.01	3828.47	2.25

Pagal 4.28 lentelės duomenis matyti jog atlikus koordinačių optimizavimą naudojant pirmąją optimizavimo funkciją didžiausias ploto skirtumas tarp išmatuoto ir optimizuoto tenka žemės sklypui Nr. A, kitų žemės sklypų plotų skirtumai yra nežymūs. Atlikus optimizavimą pagal antrąją funkciją plotų skirtumai išsidėstę santykinai žemės sklypų plotams. Toks koordinačių optimizavimo metodas yra objektyviausias, nes tikslinami visi grupės sklypai ir išvengiama situacijos, kada koreguotiniais laikytini vieno žemės sklypo riboženkliai.

Nustačius geriausiai žemės sklypų ribų koordinačių optimizavimui tinkamą minimizavimo funkciją, toliau bus atliekamas optimizavimas siekiant gauti kuo geresnius optimizavimo rezultatus.

4.8. Žemės sklypų topologijų šalinimas optimizuojant 5 riboženklių koordinates

Analizuojant GA taikymo galimybes siekiant pašalinti topologinius nesutapimus tarp žemės sklypų ribų, atliktas tyrimas, kai optimizuojami žemės sklypų riboženkliai yra ne 4, o 5 (4.14 pav.).



4.14 pav. Žemės sklypų grupė su 5 optimizuojamais riboženkliais

Nagrinėjamu atveju, keturių riboženklių nesutampančios koordinatės yra tokios pačios kaip ir naudotos ankstesniuose skyriuose, o 5-os koordinačių poros koordinatės yra sutampančios. Šiuo atveju

daroma prielaida, jog ties žemės sklypų Nr. A ir B kairiosiomis kraštinėmis nėra suprojektuotų žemės sklypų ir taškas X_5, Y_5 yra laikomas ne tvirtu, o taip pat optimizuojamu.

Tyrimui naudojama optimizavimo funkcija:

$$F = \sqrt{\sum \frac{\Delta P^2}{P}} \rightarrow \min \quad (4.5)$$

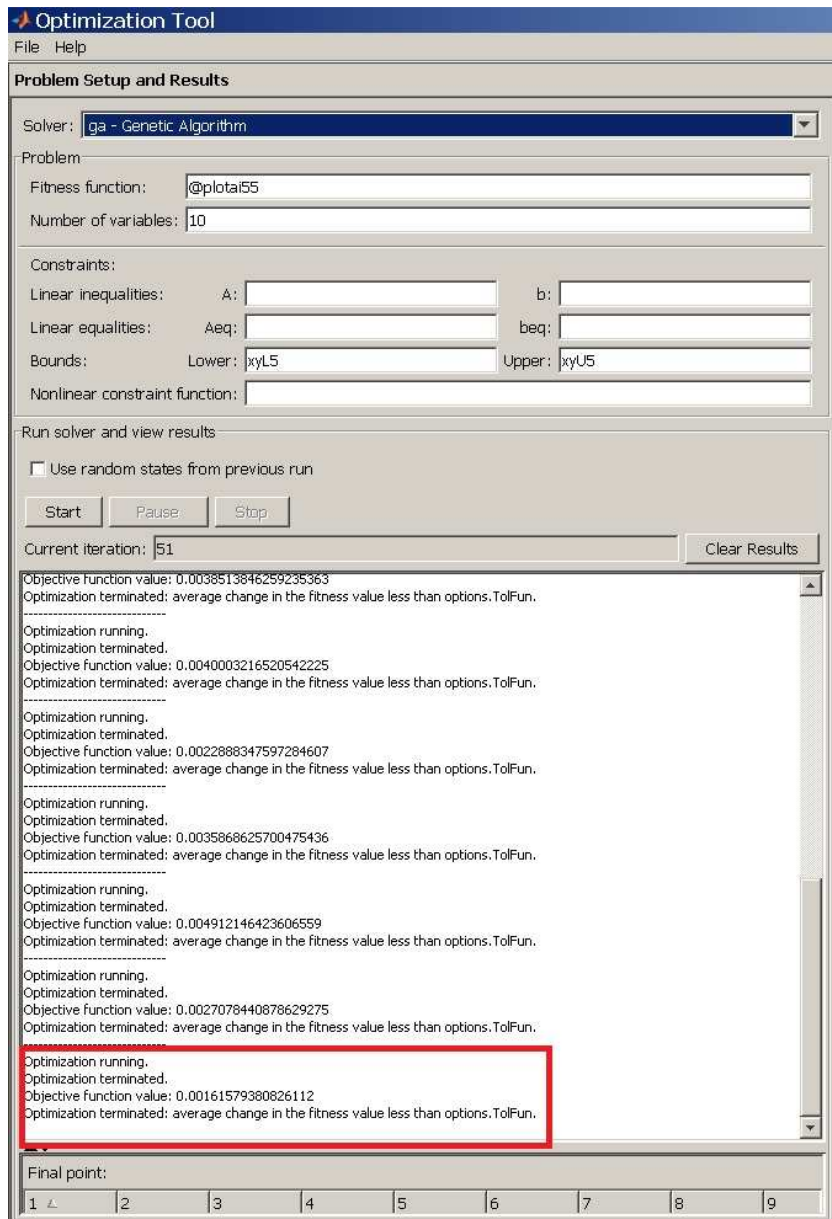
Šio uždavinio sprendimui buvo naudojama 4.3.2. skyriuje aptarta ribojimų sistema, pagal kurią nustatytos optimizuojamų koordinatų ribinės reikšmės, pateiktos 4.28 lentelėje.

4.29 lentelė. Optimizuojamų koordinatų ribinės reikšmės

Nesutampančių taškų Nr.	Kadastrinių matavimų metu nustatytos koordinatės (x, y)		GA apskaičiuota $X_{\min}, Y_{\min}$ (m) reikšmė		GA apskaičiuota $X_{\max}, Y_{\max}$ (m) reikšmė	
	x (m)	y (m)	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)
X_1, Y_1	6064854.36	589770.72	6064854.06	589770.42	6064854.58	589770.89
	6064854.36	589770.72				
	6064854.28	589770.59				
X_2, Y_2	6064861.06	589744.58	6064860.76	589744.28	6064861.24	589744.66
	6064860.94	589744.36				
	6064860.94	589744.36				
X_3, Y_3	6064872.85	589697.19	6064872.55	589696.98	6064873.01	589697.49
	6064872.71	589697.28				
	6064872.71	589697.28				
X_4, Y_4	6064812.34	589682.92	6064812.04	589682.71	6064812.43	589683.22
	6064812.13	589683.01				
X_5, Y_5	6064825.52	589585.39	6064825.22	589585.09	6064825.82	589585.69
	6064825.52	589585.39				

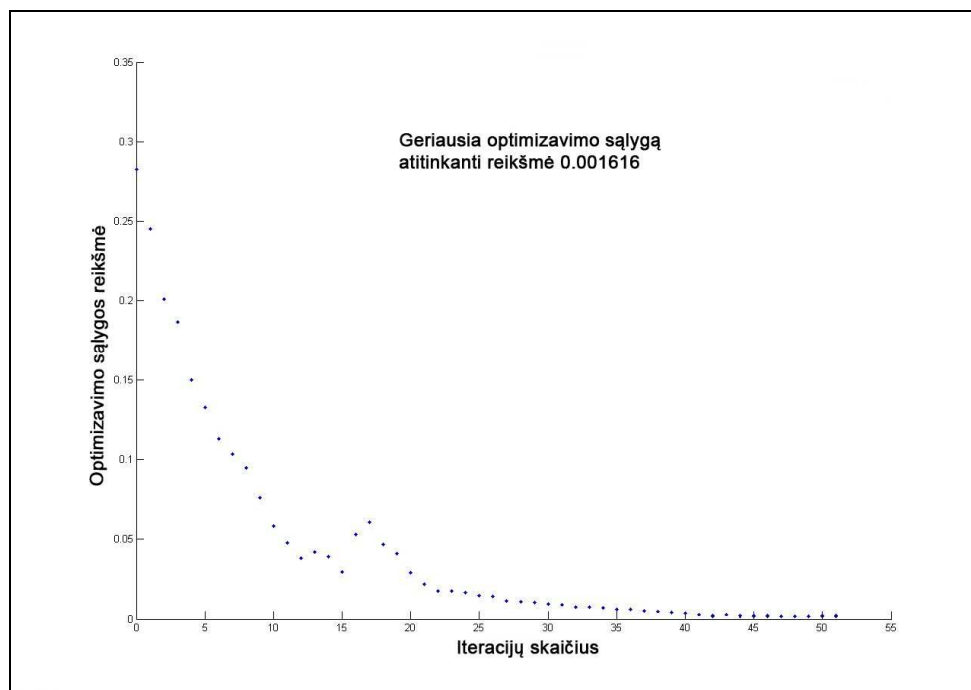
Programos „MATLAB R2009b“ operaciniame lange parenkami tokie patys genetinio algoritmo parametrai kaip naudoti ir ankstesniuose tyrimuose: populiacijos dydis - 100, kryžminimo tikimybė – 80%, mutacijos tikimybė – standartinė.

Atlikus pradinės populiacijos generavimo, kryžminimo ir mutacijos operacijas, ir programai įvykdžius 51 ciklo iteraciją buvo atrinkta geriausia optimizavimo funkcijos reikšmė. Programos lange matomas gautos optimizavimo funkcijos reikšmės (4.15 pav.).



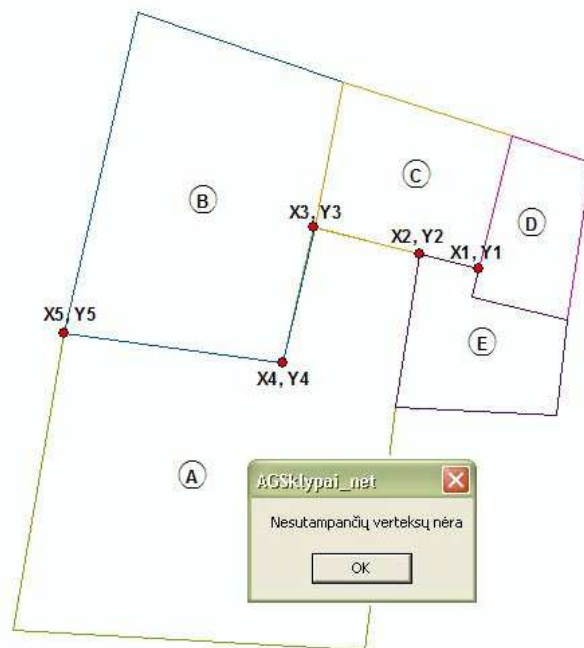
4.15 pav. Optimizavimo funkcijos rezultatai programos „MATLAB R2009b“ lange

4.16 paveiksle pavaizduotas optimizavimo funkcijos reikšmių kitimas atlikus 51 skaičiavimų iteraciją.



4.16 pav. Optimizavimo funkcijos reikšmių kitimas

4.16 paveiksle pavaizduotame grafike matyti kad atlikus 51 skaičiavimo iteraciją geriausia gauta optimizavimo funkcijos reikšmė skaičiavimus atlikus pagal antrąją minimizavimo funkciją $F_{\min} = 0.001616$. Žemės sklypų grupėje buvę topologiniai ribų nesutapimai panaikinti (4.17 pav.).



4.17 pav. Panaikinti topologiniai neapibrėžtumai

4.30 lentelė. Optimizuotų koordinačių reikšmių pralyginimas su pradinėmis koordinačių reikšmėmis

Topologiškai nesutampančių taškų Nr.	Topologiškai nesutampantys sklypų riboženkliai Nr.	Kadastrinių matavimų metu nustatytos koordinatės (x, y)		Optimizavimo metu gautos koordinačių reikšmės	
		x (m)	y (m)	X (m)	Y (m)
X_1, Y_1	C-2	6064854.36	589770.72	6064854.28	589770.71
	D-3	6064854.36	589770.72		
	E-4	6064854.28	589770.59		
X_2, Y_2	A-1	6064861.06	589744.58	6064861.07	589744.47
	C-3	6064860.94	589744.36		
	E-3	6064860.94	589744.36		
X_3, Y_3	A-7	6064872.85	589697.19	6064872.79	589697.12
	B-2	6064872.71	589697.28		
	C-4	6064872.71	589697.28		
X_4, Y_4	A-6	6064812.34	589682.92	6064812.21	589682.88
	B-3	6064812.13	589683.01		
X_5, Y_5	A-5	6064825.52	589585.39	6064825.48	589585.17
	B-4	6064825.52	589585.39		

Atliekamas patikrinimas ar gautos koordinačių reikšmės neviršija GA nustatytų $X_{\min}$, $Y_{\min}$ ir $X_{\max}$, $Y_{\max}$ ribinių reikšmių.

4.31 lentelė. Optimizuotų koordinačių ir ribojimų reikšmių palyginimas

Nesutampančių taškų Nr.	GA apskaičiuota galima $X_{\min}, Y_{\min}$ (m) reikšmė		GA apskaičiuotos koordinatės X, Y (m)		GA apskaičiuota galima $X_{\max}, Y_{\max}$ (m) reikšmė	
	X (m)	X (m)	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)
X_1, Y_1	6064854.06	589770.42	6064854.28	589770.71	6064854.58	589770.89
X_2, Y_2	6064860.76	589744.28	6064861.07	589744.47	6064861.24	589744.66
X_3, Y_3	6064872.55	589696.98	6064872.79	589697.12	6064873.01	589697.49

4.31 lentelės tęsinys:

X_4, Y_4	6064812.04	589682.71	6064812.21	589682.88	6064812.43	589683.22
X_5, Y_5	6064825.22	589585.09	6064825.48	589585.17	6064825.82	589585.69

Pagal 4.31 lentelės duomenis matyti jog optimizavimo metu gautos koordinatės neviršija nustatytų minimalių ir maksimalių ribojimų, todėl gautos reikšmės tenkina optimizavimo uždavinį ir jas naudojant yra apskaičiuojami žemės sklypų plotai. Rezultatai pateikiami 4.32 lentelėje.

4.32 lentelė. Optimizuotų ir pradinių plotų palyginimas

Sklypo Nr.	Plotas gautas paskaičiavus su pradinėmis koordinačių reikšmėmis (m^2)	Plotas gautas paskaičiavus su GA gautomis koordinačių reikšmėmis (m^2)	Plotų skirtumai ΔP (m^2)
A	22837.00	22837.03	-0.03
B	13478.09	13478.00	0.09
C	4915.72	4915.79	-0.07
D	2932.64	2932.64	0.00
E	3830.72	3830.78	-0.06
Blokas	47994.17	47994.24	-0.07

Pagal 4.32 lentelėje pateiktus duomenis matyti, jog atlikus 5 riboženklių koordinačių optimizavimą pagal antrąją optimizavimo funkciją gaunamas bendras plotų pokytis yra labai mažas $\Delta P = -0.07 m^2$. Pagal šiuo optimizavimo etapu gautas koordinatas, skaičiavimus atlikus pagal pirmąją optimizavimo funkciją, gauta reikšmė būtų $F = 0.000038$.

Palyginus bendrus plotų pokyčius su gautaisiais ankstesniuose turimo etapuose šis pokytis yra mažiausias. Atskirų žemės sklypų plotų skirtumai išsidėstė visiems žemės sklypams, o žemės sklypo Nr. D plotas visiškai nepakito. Remiantis šiais gautais duomenimis, GA uždavinio sprendimas pateikė geriausius rezultatus topologinių neapibrėžtumų eliminavimui.

IŠVADOS

1. Atliekant kadastrinius matavimus gali atsirasti įvairiausių klaidų dėl prietaisų netikslumų ir prastos kartografavimo darbų kokybės, naudojamos kartografinės medžiagos, koordinacių matavimo bei plotų skaičiavimo nepakankamo tikslumo ar darbus atliekančių asmenų sisteminių ar atsitiktinių klaidų, dėl ko susiduriama su žemės sklypų ribų topologiniais neapibrėžtumais.
2. Lietuvos Respublikos Nekilnojamojo turto kadastro sistema yra puikiai suformuota ir leidžia vartotojui operatyviai gauti reikalingą atributinę ir grafinę informaciją, atlikti nekilnojamojo turto identifikavimą valstybės teritorijoje bei atnaujinti informaciją apie jo būklę.
3. Nekilnojamojo turto kadastro objektų kadastro duomenų nustatymas ir kadastro duomenų bylų rengimas yra sudėtingas procesas, tačiau šiuos procesus reglamentuojantys Lietuvos Respublikos teisės aktai yra pakankamai plačiai išaiškinti ir suprantami.
4. Eksperimentiniam tyrimui pasirinkta kadastriniais matavimais, valstybinėje koordinacių sistemoje išmatuotų 5 žemės sklypų grupė. Tarp šių žemės sklypų ribų susidarę topologiniai neapibrėžtumai – sanklotos ir nesutapimai, didžiausias skirtumas tarp tų pačių riboženklių koordinacių reikšmių yra 0.2493 m, o mažiausias 0.1509 m. Šie skirtumai neviršija Kadastro nuostatų 32.1.2.2.2. punkte reglamentuojamo leistino 0.30 m koordinacių skirtumo, todėl ribos yra koreguojamos bei nerengiamas Kadastro tvarkytojo sprendimas atsisakyti pažymėti nekilnojamojo daikto ribas kadastro žemėlapyje.
5. Genetinio algoritmo taikymui žemės sklypų topologijų šalinimui nekilnojamojo turto kadastro žemėlapyje suformuluotas optimizavimo uždavinys. Remiantis teisės aktais ir norminiais dokumentais sudaryta algoritmo skaičiavimo ribojimų sistema ir tyrimas atliktas pagal dvi optimizavimo funkcijas.
6. Pagal turimas nesutampančias žemės sklypų koordinacių reikšmes atliktas variantų perrinkimo algoritminis skaičiavimas, kurio tikslas išsiaiškinti kokius geriausius rezultatus galima gauti pagal turimas geodeziškai išmatuotas koordinates, neatliekant optimizavimo.
7. Optimizavus uždavinį genetiniais algoritmais pagal dvi optimizavimo funkcijas gauti rezultatai:
 - atlikus optimizavimo uždavinį pagal pirmąją optimizavimo funkciją, bendras žemės sklypų plotų pokytis gautas 29.23 m^2 . Didžiausias ploto pokytis tenka didžiausio ploto sklypui. Kitų žemės sklypų plotai nepakito ar pakito nežymiai. Gauti rezultatai parodo

neobjektyvų sprendimą – koreguotinos žemės sklypo ribos yra didžiausio ploto žemės sklypo.

- atlikus skaičiavimus pagal antrąją optimizavimo funkciją, gautas bendras žemės sklypų pokytis taip pat yra 29.23 m^2 . Skirtingai nei su pirmąją optimizavimo funkcija, plotų pokytis paskirstomas visiems grupės sklypams, atitinkamai pagal jų plotus, tokiu būdu išvengiant subjektyvumo koreguojant tik vieno žemės sklypo ribas.
 - optimizuojant tik vidinių kampų koordinates bendras žemės sklypų pokytis nesikeičia.
8. Nustačius kuri optimizavimo funkcija yra tinkamesnė žemės sklypų ribų topologijų šalinimui atliekamas tyrimas, geriausiam optimizavimo rezultatui gauti. Šio tyrimo objektas yra žemės sklypų grupė su 5 optimizuojamais riboženkliais. Priimama funkcija, jog šio žemės sklypų bloko išorinė briauna gretimybėje neturi suprojektuotų sklypų ir taip pat gali būti koreguojama.
 9. Atlikus 5 žemės sklypų, kurių kadastriniais matavimais nustatytas bendras plotas yra $47994.17 \text{ (m}^2\text{)}$, riboženklių koordinačių optimizavimą bendras žemės sklypų plotų pokytis prieš ir po genetinio algoritmo skaičiavimų gautas -0.07 m^2 .
 10. Optimizavimo metu gautos koordinačių reikšmės atitinka nustatytus ribojimus ir topologiniai neapibrėžtumai pašalinti.
 11. Remiantis atliktų tyrimų rezultatais galima teigti, jog genetinis algoritmas gali būti sėkmingai taikomas žemės sklypų riboženklių koordinačių optimizavimui ir topologinių netikslumų šalinimui nekilnojamojo turto kadastro žemėlapyje.

LITERTŪROS SĄRAŠAS

1. Fradkin K., Doytsher Y., 1998. "Establishing a Digital cadastre in Israel", 21st International Congress of Surveyors, Brighton, England.
2. Gasilionis A. Žemės kadastro formavimo problemos // Geodezija ir kartografija: mokslo darbai, 2001, XXVII t., Nr.1, P.40-43.
3. Gasilionis A., Kasperavičius R. Nekilnojamojo turto administravimas: mokomoji knyga. – Vilnius, 2006. – 172 p.
4. Gurskienė, V. Nekilnojamojo turto kadastras ir registras: mokomoji knyga. Kaunas: Ardiva, 2008, 71 p.
5. Holland, J. H. Adaptation in natural and artificial systems. Ann Arbor: The University of Michigan Press. 1975, 211p.
6. Interneto prieiga <http://www.registrucentras.lt/ntr/apie/>; [žiūrėta 2013-03-14]
7. Jonauskienė, I.; Demčiuk, S. 2009. Daugiakriterinės analizės taikymas žemės sklypų kadastro duomenų kokybei vertinti, Geodezija ir kartografija [Geodesy and Cartography] 35(2):66–71.
8. Jonauskienė, J.; Zakarevičius, A.; Aksamitauskas, V. Č.; Šešok, D. 2011. Genetinio algoritmo taikymas žemės sklypų ribų topologijai optimizuoti nekilnojamojo turto kadastro žemėlapyje, Geodesy and Cartography 37(2):
9. Lietuvos Respublikos civilinis kodeksas. Vilnius: Saulužė, 2011. 448 p.
10. Lietuvos Respublikos Konstitucija. Vilnius: Saulužė, 2011.
11. Lietuvos Respublikos Nekilnojamojo turto kadastro įstatymas (2000 – 06 – 27, Nr. VIII – 1764), nauja redakcija nuo 2004 m. sausio 1 d. (2003 – 05 – 27, Nr. IX –1582))//Valstybės žinios, 2000, Nr. 58 – 1704; 2003, Nr. 57 – 2530.
12. Lietuvos Respublikos nekilnojamojo turto registro įstatymas (1996-09-27, Nr. I-1539; nauja red.: 2001-06-21, Nr.IX-391) //Valstybės žinios, 2001, Nr. 55-1948.
13. Lietuvos Respublikos Vyriausybės 2002 m. balandžio 15 d. nutarimu Nr. 534 patvirtinti Lietuvos Respublikos nekilnojamojo turto kadastro nuostatai (Žin., 2002, Nr. 41-1539);
14. Lietuvos Respublikos Vyriausybės nutarimas, 2011-10-12, Nr. 534, Dėl Lietuvos Respublikos nekilnojamojo turto kadastro nuostatų patvirtinimo“//Valstybės žinios, 2008, Nr. 140 – 5552.
15. Lietuvos Respublikos žemės įstatymas (1994-04-26, Nr. I-446nauja red.:2004-01-27, Nr. IX-1983) // Valstybės žinios, 1994, Nr. 34-620; 2004, Nr. 28-868.

16. Lukoševičienė, S. Inžinerinių statinių kadastro matavimo ir registravimo analizė: magistrantūros studijų baigiamasis darbas. Akademija, 2009, 71 p.
17. Misevičius, A.; Blonskis, J.; Bukšnaitis, V. 2005. Kombinatorinio optimizavimo ir genetinių algoritmų aspektai. Informacijos mokslai. 2005, 314 p.
18. Nacionalinės žemės tarnybos generalinio direktoriaus 2006 m. sausio 9 d. įsakymu Nr. 1P-3 patvirtinti „Nekilnojamojo daikto ribų žymėjimo nekilnojamojo turto kadastro žemėlapyje ir kadastro žemėlapių tikslinimo techniniai reikalavimai” (Žin., 2006, Nr. Nr.8-311).
19. Nekilnojamojo turto objektų kadastrinių matavimų ir kadastro duomenų surinkimo bei tikslinimo taisyklės [Rules for collection and revision of real property objects cadastral surveying and cadastral data]. 2003, Valstybės žinios 18-790.
20. Shnaidman, A.; Shoshani, U.; Doytsher, Y. 2009. TS 6A – Standardization Aspects in Land Administration, FIG Working Week.
21. Skeivalas, J. (2011). Apie optimizavimo procedūras topologiniuose uždaviniuose, Geodesy and Cartography, 37:4, 159-160.
22. Skeivalas, J.; Aleknienė, E. 2004. Koordinačių matavimo tikslumas, nustatant kadastrinių sklypų plotus, Geodezija ir kartografija [Geodesy and Cartography] 30(3): 71–74.
23. Stankevičius, Ž. 2002. Skaitmeniniai žemėlapiai. Vilnius: Technika, p.78.
24. Šešok, D. Santvarų topologijos optimizavimas genetiniais algoritmais: daktaro disertacija. Vilnius: TECHNIKA, 2008, 118 p.
25. Zakarevičius, A.; Jonauskienė, I. 2007. Statistinės kontrolės taikymo galimybės vertinant žemės sklypų kadastro duomenų kokybę, Geodezija ir kartografija [Geodesy and Cartography] 33(4): 115–119.

PRIEDAI

1. Priedas. Programos „MATLAB R2009b“ aplinkoje suformuoto genetinio algoritmo optimizavimo uždavinio programinė kalba

```
function [deltaS,S,dS] = plotai5(xy)
%PLOTAI2 Programa skaiciuoja penkis plotus kai kelios krastines bendros,
%rij-istrizaines, keturkampiai pries laikr. rod.:1-2-3-4-5-6 arba
%1-2-3-4-5,6
xy=round(xy.*100)./100;
%pradiniai sklypu duomenys:
xa=[6064861.06000000,6064792.28000000,6064683.68000000,6064692.71000000,6064825.52000000,...
6064812.34000000,6064872.85000000];
ya=[589744.58000000,589733.71000000,589719.52000000,589562.50000000,589585.39000000,...
589682.92000000,589697.19000000];
xb=[6064937.57000000,6064872.71000000,6064812.13000000,6064825.52000000,6064969.22000000];
yb=[589709.92000000,589697.28000000,589683.01000000,589585.39000000,589618.45000000];
xc=[6064913.53000000,6064854.36000000,6064860.94000000,6064872.71000000,6064937.57000000];
yc=[589785.60000000,589770.72000000,589744.36000000,589697.28000000,589709.92000000];
xd=[6064831.38000000,6064841.68000000,6064854.36000000,6064913.53000000,6064901.74000000];
yd=[589810.24000000,589767.66000000,589770.72000000,589785.60000000,589820.95000000];
xe=[6064789.05000000,6064792.28000000,6064860.94000000,6064854.28000000,6064841.68000000,...
6064831.38000000];
ye=[589805.48000000,589733.71000000,589744.36000000,589770.59000000,589767.66000000,...
589810.24000000];
%pernumeruojam
xa1(1)=xa(6);xa1(2)=xa(5);xa1(3)=xa(4);xa1(4)=xa(3);xa1(5)=xa(2);xa1(6)=xa(2);
ya1(1)=ya(6);ya1(2)=ya(5);ya1(3)=ya(4);ya1(4)=ya(3);ya1(5)=ya(2);ya1(6)=ya(2);
xa2(1)=xa(6);xa2(2)=xa(2);xa2(3)=xa(1);xa2(4)=xa(7);
ya2(1)=ya(6);ya2(2)=ya(2);ya2(3)=ya(1);ya2(4)=ya(7);
xb1(1)=xb(2);xb1(2)=xb(1);xb1(3)=xb(5);xb1(4)=xb(4);xb1(5)=xb(3);xb1(6)=xb(3);
yb1(1)=yb(2);yb1(2)=yb(1);yb1(3)=yb(5);yb1(4)=yb(4);yb1(5)=yb(3);yb1(6)=yb(3);
xc1(1)=xc(3);xc1(2)=xc(2);xc1(3)=xc(1);xc1(4)=xc(5);xc1(5)=xc(4);xc1(6)=xc(4);
yc1(1)=yc(3);yc1(2)=yc(2);yc1(3)=yc(1);yc1(4)=yc(5);yc1(5)=yc(4);yc1(6)=yc(4);
xd1(1)=xd(3);xd1(2)=xd(2);xd1(3)=xd(1);xd1(4)=xd(5);xd1(5)=xd(4);xd1(6)=xd(4);
yd1(1)=yd(3);yd1(2)=yd(2);yd1(3)=yd(1);yd1(4)=yd(5);yd1(5)=yd(4);yd1(6)=yd(4);
xe1(1)=xe(5);xe1(2)=xe(4);xe1(3)=xe(3);xe1(4)=xe(2);xe1(5)=xe(1);xe1(6)=xe(6);
ye1(1)=ye(5);ye1(2)=ye(4);ye1(3)=ye(3);ye1(4)=ye(2);ye1(5)=ye(1);ye1(6)=ye(6);
```

```

% uzpildom darbinius masyvus ir apjungiam bendras koordinates pagal bendru koord masyva xy=[xi,yi,...]
x11=xa1;y11=ya1;x11(1)=xy(7);y11(1)=xy(8);
x12=xa2;y12=ya2;x12(1)=xy(7);y12(1)=xy(8);x12(3)=xy(3);y12(3)=xy(4);x12(4)=xy(5);y12(4)=xy(6);
x2=xb1;y2=yb1;x2(1)=xy(5);y2(1)=xy(6);x2(5)=xy(7);y2(5)=xy(8);x2(6)=xy(7);y2(6)=xy(8);
x3=xc1;y3=yc1;x3(1)=xy(3);y3(1)=xy(4);x3(2)=xy(1);y3(2)=xy(2);x3(5)=xy(5);y3(5)=xy(6);x3(6)=xy(5);y3(6)=xy(6);
x4=xd1;y4=yd1;x4(1)=xy(1);y4(1)=xy(2);
x5=xe1;y5=ye1;x5(2)=xy(1);y5(2)=xy(2);x5(3)=xy(3);y5(3)=xy(4);
%funkcija plotams pagal istr. skaic. pagal 6 mazgus (jei mazgai 5, tai 5 ir 6 sutampa)
plot6=inline('1/2.*(abs(norm(cross([x(3)-x(1),y(3)-y(1),0],[x(4)-x(2),y(4)-y(2),0])))...
+abs(norm(cross([x(4)-x(6),y(4)-y(6),0],[x(1)-x(5),y(1)-y(5),0]))))','x','y');
plot4=inline('1/2.*abs(norm(cross([x(3)-x(1),y(3)-y(1),0],[x(4)-x(2),y(4)-y(2),0]))))','x','y');
% istr. ir plotu skaic.
S(1)=plot6(x11,y11)+plot4(x12,y12);
S(2)=plot6(x2,y2);
S(3)=plot6(x3,y3);
S(4)=plot6(x4,y4);
S(5)=plot6(x5,y5);
Sa=22837.0;
Sb=13478.09;
Sc=4915.72;
Sd=2932.64;
Se=3830.72;
dS(1)=abs(Sa-S(1))/Sa;dS(2)=abs(Sb-S(2))/Sb; dS(3)=abs(Sc-S(3))/Sc;
dS(4)=abs(Sd-S(4))/Sd; dS(5)=abs(Se-S(5))/Se;
%deltaS=abs(Sa-S(1))/Sa+abs(Sb-S(2))/Sb+abs(Sc-S(3))/Sc+abs(Sd-S(4))/Sd+abs(Se-S(5))/Se;
% pagal kvadratine paklauda
deltaS=sqrt((Sa-S(1))^2/Sa+(Sb-S(2))^2/Sb+(Sc-S(3))^2/Sc+(Sd-S(4))^2/Sd+(Se-S(5))^2/Se);
end

```

2. Priedas. 15-osios Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijos „Civilinė inžinerija ir geodezija“ dienotvarkė

**VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS
UNIVERSITETAS
APLINKOS INŽINERIJOS FAKULTETAS**



CIVILINĖ INŽINERIJA IR GEODEZIJA

15-osios Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijos
„Mokslas — Lietuvos ateitis“

PROGRAMA

2012 M. SPALIO 26 D.

**15-oji Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencija
„Mokslas — Lietuvos ateitis“
“CIVILINĖ INŽINERIJA IR GEODEZIJA”
2012 spalio 26 d.**

DIENOTVARKĖ

Mokslų komiteto pirmininkas
Prof. habil. dr. A. Zakarevičius
Mokslų komiteto sekretorius prof. dr. M. Burinskienė
Organizacinio komiteto pirmininkas – doc. dr. G. Paliulis
Sekretorius – doc. dr. R. Bagdžiūnaitė
Dalyvių registracija 9.00-10.00

GEODEZIJOS SEKCIJA

1 posėdis 10.00 – 11.30 2709 a.

1. Č. Akramaitauskas. Geodezijos katedrai 90 metų.
2. L. Papšienė. Generalizuotų plotinių objektų kokybės vertinimas.
3. V. Mikelevič. Eismo įvykių registravimas taikant fotogrametrinius metodus.
4. D. Burokaitė. Gravimetrų Scintrex CG-5 palyginimas.
5. I. Spietinytė. Gravimetrinių duomenų apdorojimo analizė.
6. G. Intaitė. Nekilnojamojo turto kadastro žemėlapių sklypų ribų topologijų optimizavimas.
7. Ž. Karpina. Daugiatikslių sprendimų priėmimas atsižvelgiant į rodiklių priklausomybę.
8. R. Čiunka. Pastatų matavimai GPS imtuvu.
9. T. Kovalčuk. Šiuolaikinių Žemės plutos judesių ir georodiklių sąsaja.
10. E. Tamašauskaitė. UAV įrangos panaudojimas fotografiniams vaizdams gauti ir paviršiaus modelių kūrimas.

2 posėdis. 11.45 – 13.15

11. R. Birvydienė. Geopotencialo modelio Lietuvos teritorijoje įvertinimas.
12. R. Aleliūnas. Mobilųjų įrenginių navigacinių sistemų tyrimas.
13. D. Šukys. Žemės reformos žemėtvarkos projektų klaidų analizė.
14. U. Antanavičiūtė. Lazerinio skenavimo kalibravimas.
15. E. Skripkaitė. Žemės plutos horizontaliųjų judesių pagal GPS matavimų duomenis tyrimas taikant tenzorinę analizę.
16. V. Doval. Dabartinių vertikalinių Žemės paviršiaus judesių Rytų Lietuvoje tyrimas.
17. R. Tubutis. Elektroninių tachometrų kalibravimo rezultatų analizė.
18. K. Volothkevič. Sunkio lauko ekvipotencialinių deformacijų tyrimai.
19. L. Baciūtė. Nuolat veikiančių GPS stočių Baltijos regione padėties pokyčiai.
20. M. Šimkus. Įgyvendinto konsolidacijos projekto, apimančio Pasvalio rajono Vyturių ir Vytartėlių kaimus, apžvalga.

3 posėdis. 13.30 – 15.00

21. A. Oržekauskas. Geodezinių matavimų GPNS imtuvais tikslumo tyrimas.
22. T. Sližys. Skaitmeninio žemėlapių formavimas panaudojant CAD technologijas.
23. A. Urbanavičiūtė. Žemės sklypų formavimo ir pertvarkymo (atidalijimo, padalijimo, apjungimo) projektų rengimas. Dažniausiai daromos klaidos.
24. S. Daduraitė. Lietuvos teritorijos dabartinių vertikalinių žemės plutos judesių greičių gradientų žemėlapiai.
25. D. Želudaitė. Mėnulio ir Saulės poveikio vertikalei tyrimas.