

## GENETINIO ALGORITMO TAIKYMAS ŽEMĖS SKLYPŲ RIBŲ TOPOLOGIJAI OPTIMIZUOTI NEKILNOJAMOJO TŪRTO KADASTRO ŽEMĖLAPYJE

Irina Jonauskienė<sup>1</sup>, Algimantas Zakarevičius<sup>2</sup>,  
Vladislovas Česlovas Aksamitauskas<sup>3</sup>, Dmitrij Šešok<sup>4</sup>

<sup>1, 2, 3</sup>Geodezijos ir kadastro katedra, Vilniaus Gedimino technikos universitetas,  
Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lietuva

<sup>4</sup>Inžinerinės mechanikos katedra, Vilniaus Gedimino technikos universitetas,  
Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lietuva

El. paštas <sup>1, 2, 3</sup>gkk@vgtu.lt (korespondencijos autoriai); <sup>4</sup>dms@vgtu.lt

Įteikta 2011-02-14; priimta 2011-06-07

**Santrauka.** Žymint žemės sklypų ribas nekilnojamojo turto kadastro žemėlapyje pasitaiko nesutapimų tarp gretimų sklypų ribų, t. y. atsiranda tarpai arba susidaro sanklotos. Tais atvejais, kai žemės sklypų posūkio taškų koordinatės atitinka teisės aktais nustatytus leistinumus, derinama žemės sklypų ribų topologija. Straipsnyje nagrinėjami klausimai, susiję su genetinių algoritmų taikymu žemės sklypų ribų topologijai optimizuoti. Atliktas genetinio algoritmo taikymo tam tikslui metodologinis pagrindimas ir eksperimentinis tyrimas.

**Reikšminiai žodžiai:** nekilnojamojo turto kadastro žemėlapis, žemės sklypų ribų topologijos optimizavimas, genetiniai algoritmai.

### 1. Įvadas

Dažnai kyla ginčų dėl sklypų ribų tarp gretimų žemės sklypų savininkų, todėl sklypų ribos ir jų tikslumas visais laikais buvo ir yra aktuali problema. Atliekant kadastrinius matavimus nustatytos žemės sklypų tų pačių ribų posūkio taškų koordinatės matuojant gretimus sklypus dažnai tam tikru dydžiu nesutampa.

Lietuvoje atliekant žemės sklypų kadastrinius matavimus žemės sklypų ribų posūkio taškų ir riboženklių koordinatės nustatomos pagal valstybinę koordinacių sistemą. Formuojant žemės sklypus kaimo gyvenamosiose vietovėse nuosavybės teisėms atkurti ir asmeniniam ūkiui žemės sklypų ribos nustatomos pagal paskiausiai atnaujintą kartografinę medžiagą, todėl suformuotų žemės sklypų ribų tikslumas ne visur vienodas, priklauso nuo kartografinės medžiagos kokybės.

Formuojant žemės sklypą kaip nekilnojamojo turto objektą, parengtas žemės sklypo planas ir surinkti kadastro duomenys yra nekilnojamojo turto kadastro žemėlapyje pagrindas (Jonauskienė, Demčiuk 2009; Jonauskienė 2010). Nekilnojamojo turto kadastro žemėlapis rengiamas ir tikslinamas naudojantis georeferencinių duomenų bazėmis, Nekilnojamojo turto registro duomenimis, nekilnojamojo daikto formavimo procese sudarytais dokumentais, kurie yra pateikti nekilnojamojo daikto kadastro duomenims įrašyti (Lietuvos Respublikos... 2000).

Nekilnojamojo daikto kadastro duomenys turi būti nustatomi atliekant kadastrinius matavimus, taikant tinkamus metodus ir priemones, kurie užtikrintų, kad teisės

aktų nustatyti matavimų kokybės reikalavimai nebūtų pažeisti (Lietuvos Respublikos... 2000).

Nekilnojamojo turto kadastriniuose duomenų pateikimo tvarką ir reikalavimus bei leidžiamą kadastro duomenų neatitikimų ribas nustato „Nekilnojamojo turto kadastro nuostatai“ (toliau – „Nuostatai“), patvirtinti Lietuvos Respublikos Vyriausybės 2002 m. balandžio 15 d. nutarimu Nr. 534 (Lietuvos Respublikos... 2000).

Suformuotų ar tikslinamų, atliekant kadastrinius matavimus, žemės sklypų ribų žymėjimą kadastro žemėlapyje ir jau pažymėtų kadastro žemėlapyje sklypų ribų tikslinimą reglamentuoja „Nuostatai“ bei Nacionalinės žemės tarnybos prie Žemės ūkio ministerijos generalinio direktoriaus 2006 m. sausio 9 d. įsakymu Nr. 1P-3 patvirtinti „Nekilnojamojo daikto ribų žymėjimo nekilnojamojo turto kadastro žemėlapyje ir kadastro žemėlapyje tikslinimo techniniai reikalavimai“. Šie reikalavimai ir tikslinimo metodai nepagrįsti matematiniais metodais, todėl gali būti daug subjektyvumo, priklausančio nuo darbuotojo sampratos, patirties. Tai sudaro sąlygas kaupintis sistemingsiems paklaidoms.

Kadastro duomenų nustatymo bei žemės sklypų kadastrinių matavimų metu gali atsirasti klaidų dėl prietaisų netikslumų, dėl naudojamos pasenusios kartografinės medžiagos, prastos kartografavimo darbų kokybės, koordinacių matavimo bei plotų skaičiavimo nepakankamo tikslumo (Skeivalas, Juciūtė 1998; Skeivalas, Aleknieienė 2004), dėl subjektyvių matavimus atliekančių žmonių savybių ir kt. Klaidų gali atsirasti ir įrašant kadastro

duomenis į nekilnojamojo turto kadastrą bei žymint žemės sklypo ribas nekilnojamojo turto kadastro žemėlapyje (Lietuvos Respublikos... 2000; Nekilnojamojo turto... 2003, 2006; Zakarevičius, Jonauskienė 2007) dėl koordinatinių transformavimo (Skeivalas 2004, 2005; Skeivalas, Dargis 2006; Simon 2004), dėl skaitmeninio proceso netikslumų arba operatoriaus klaidų.

Dėl visų šių priežasčių, sudarant ir tikslinant kadastro žemėlapi, susiduriama su žemės sklypų ribų topologijos neapibrėžtumais, kai gretimų sklypų tų pačių riboženklių koordinatės yra skirtingos. Kyla uždavinys, kaip tokius sklypų ribų topologijos neapibrėžtumus panaikinti. Ribų tikslinimas turi būti atliekamas taip, kad rezultatai kiek galima geriau atitiktų teisės aktuose ir norminiuose dokumentuose numatytus reikalavimus. Šiam uždaviniui spręsti būtini optimizavimo teorija pagrįsti matematiniai metodai.

Pastaruoju metu įvairaus tipo optimizavimo uždaviniams spręsti plačiai taikomas genetinis algoritmas. Šis optimizavimo algoritmas ir pagal jį sukurta programinė įranga labai universali. Konkretiems uždaviniams spręsti algoritmas adaptuojamas parenkant uždavinio esmę atitinkančius ribojimus ir tikslo funkciją.

Šio darbo tikslas – metodologiškai pagrįsti ir pritaikyti genetinį algoritmą žemės sklypų ribų topologijai optimizuoti esant neapibrėžtumų.

Siekiant tikslo pagrindiniai uždaviniai – metodologiškai pagrįsti ir susieti pagrindinius genetinio algoritmo veikimo etapus su žemės sklypų kadastrinių matavimų rezultatais, sukurti kadastrinių matavimų ir kadastro žemėlapių sudarymo bei tikslinimo reikalavimus atitinkančią ribojimų sistemą ir uždavinio tikslą apibūdinančią optimizavimo sąlygą, atlikti eksperimentą genetinio algoritmo praktinio taikymo galimybėms įvertinti ir nustatyti, kaip tai tinka žemės sklypų ribų topologijai optimizuoti.

## 2. Genetiniai algoritmai ir jų taikymo žemės sklypų ribų topologijai optimizuoti metodologiniai principai

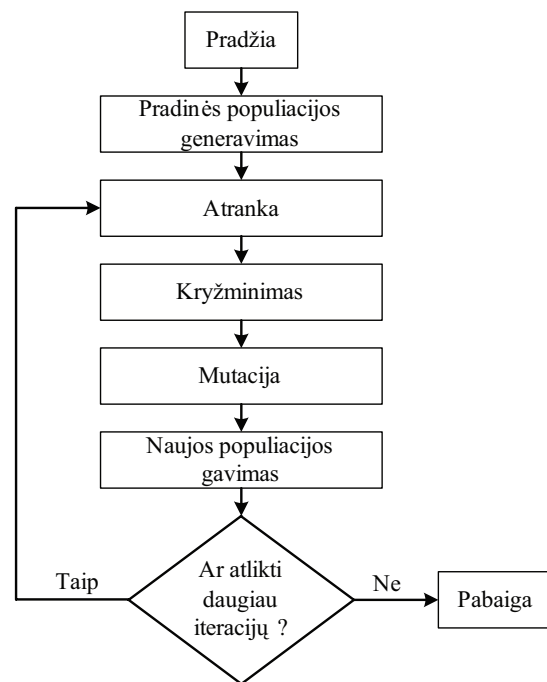
Optimizavimo uždaviniai yra susiję su sistemos valdymo parinkimu, geriausių sistemos parametrų rinkinio sudarymu. Optimizavimo kriterijai dažniausiai nustatomi nelygybių sistemomis ir / arba funkcionalais, kuriuos reikia minimizuoti (Misevičius *et al.* 2005). Globalaus optimizavimo uždaviniams spręsti gali būti taikomi genetiniai algoritmai GA (angl. *genetic algorithms*), jie sudaro reikšmingą optimizavimo metodų grupę ir yra pagrįsti evoliucinių procesų mus supančiame objektyviame pasaulyje imitavimu (Reeves 2002; Shnaidman 2009; Sivanandam 2008). Pagrindinės sąvokos, kuriomis remiamasi modeliuojant evoliucijos procesus, yra šios: „individas“, „populiacija“, „individo tinkamumas“. Optimizavimo atveju vietoje minėtų sąvokų vartojamos įprastinės sąvokos: individas atitinka tam tikras sprendinys, populiacija – sprendinių poaibis (rinkinys), individo vertė siejama su optimizuojamos funkcijos reikšme. Sprendžiant optimizavimo uždavinius GA būdu siekiama gauti kuo geresnius sprendinius (Misevičius *et al.* 2005, 2009). Genetiniai algoritmai taikomi daugelyje sričių, tokių kaip informatika (Carretero, Xhafa 2006; Jia, Rajkumar 2006),

medicina (Dolled-Filhart *et al.* 2006), ekonomika (Goyal 2007), chemija (Leardi 2007), fizika (Sanchis *et al.* 2004), architektūra ir projektavimas (Baušys, Pankrašovaitė 2005, 2007) bei daugelyje kitų (Shu-Guang Li 2008). Dėl universalios pobūdžio ir nepriklausomumo – tai reiškia, jog sprendimo būdas nepriklauso nuo sprendžiamo uždavinio – šie algoritmai gali būti taikomi iš esmės bet kurioms optimizuotinoms struktūroms, pradedant elementariosiomis matematinėmis funkcijomis ir baigiant sudėtingomis savireguliacinėmis sistemomis (Misevičius *et al.* 2009).

Pirmieji genetinio algoritmo taikymo bandymai žemės kadastro klausimams spręsti nagrinėti A. Shnaidman, U. Shoshani ir Y. Doytsher darbe (2009). Atlikus tyrimus konstatuoti genetinio algoritmo taikymo privalumai optimizuojant plotus, palyginti su mažiausiųjų kvadratų metodo rezultatais.

Genetinio algoritmo veikimo principinė schema pavaizduota 1 paveiksle (Goldberg 1989).

Taikant genetinį algoritmą žemės sklypų ribų topologijai optimizuoti nekilnojamojo turto kadastro žemėlapyje, būtina aptarti genetiniame algoritme taikomas individo ir populiacijos sąvokas, susiejant jas su konkrečiu uždaviniu.



1 pav. Genetinio algoritmo schema

Fig. 1. Genetic algorithms scheme

Nemažą dalį kadastro žemėlapių informacijos sudaro žemės sklypų riboženklių koordinatės, kuriomis aprašoma sklypo ribų topologija žemėlapyje, todėl individo sąvoką šiuo atveju atitinka sklypų riboženklių koordinatinių rinkinys ir jas atitinkantis optimizavimo sąlygos reikšmės. Populiaciją sudarys pagal algoritmo parametrus atsitiktiniu būdu generuotos, kontroliuojant pagal priimtus ribojimus, naujos individa apibūdinančios koordinatės ir jas atitinkanti optimizavimo sąlygos reikšmė. Individo tinkamumą apibūdina optimizavimo sąlygos reikšmė.

Adaptuojant genetinį algoritmą žemės sklypų topologijai kadastro žemėlapyje optimizuoti, reikia sukurti ribojimų sistemą ir optimizavimo sąlygą.

### 3. Optimizavimo sąlyga ir ribojimai žemės sklypų ribų topologijos neapibrėžtumams panaikinti

Pateiksime optimizavimo sąlygą ir ribojimus grupės bendromis ribomis susietų žemės sklypų, kai pagal kadastrinių matavimų duomenis bendrų riboženklių koordinatės nesutampa. Optimizavimo tikslas – suvienodinti riboženklių koordinatės taip, kad optimizuotų plotų  $P'$  nuokrypiai nuo kadastrinių matavimų metu nustatytų plotų  $P$  būtų minimalūs, bei optimizuotų koordinatžių ir sklypų plotų nuokrypiai nuo išmatuotų atitiktų norminius reikalavimus. Nagrinėjamo uždavinio optimizavimo sąlyga:

$$F = \sum(P - P') = \sum \Delta P \rightarrow \min. \quad (1)$$

Sąlygos (1) geriausios reikšmės siekiama modeliavimo būdu kryžminant ir mutuoiant individus, atsižvelgiant į ribojimus. Pagal galiojančias taisykles (Nekilnojamojo turto... 2003) sklypų plotų kadastriniuose dokumentuose skaitinės reikšmės turi būti rašomos apvalintos iki  $1 \text{ m}^2$ , todėl priimta skaičiavimus kartoti, kol optimizavimo sąlygos reikšmė gaunama ne didesnė už šią ribą.

Ribojimai suformuluojami remiantis žemės sklypų kadastrinius matavimus bei sklypų ribų žymėjimą kadastro žemėlapyje reglamentuojančiais teisės aktais (Lietuvos Respublikos... 2000, 2002; Nekilnojamojo daikto... 2006).

Reikalavimas koordinatžių nesutapimams:

$$-\Delta_{xy} \leq (x_i - x_{oi}) \leq \Delta_{xy}, \quad (2)$$

$$-\Delta_{xy} \leq (y_i - y_{oi}) \leq \Delta_{xy}, \quad (3)$$

čia  $\Delta_{xy}$  – leidžiamieji riboženklių koordinatžių nesutapimai;  $x_i, y_i$  – kadastrinių matavimų metu nustatytos koordinatės;  $x_{oi}, y_{oi}$  – optimizuotos koordinatės.

Pavienių žemės sklypų plotų pokyčių ribojimai:

$$\Delta P \leq \Delta P_{rib.}, \quad (4)$$

$$\Delta P_{rib.} \leq k\sqrt{P}, \quad (5)$$

čia  $\Delta P_{rib.}$  – maksimali leidžiamoji (ribinė) teisės aktais reglamentuota ploto paklaida;  $k$  – norminiais dokumentais reglamentuotas koeficientas (Lietuvos Respublikos... 2002).

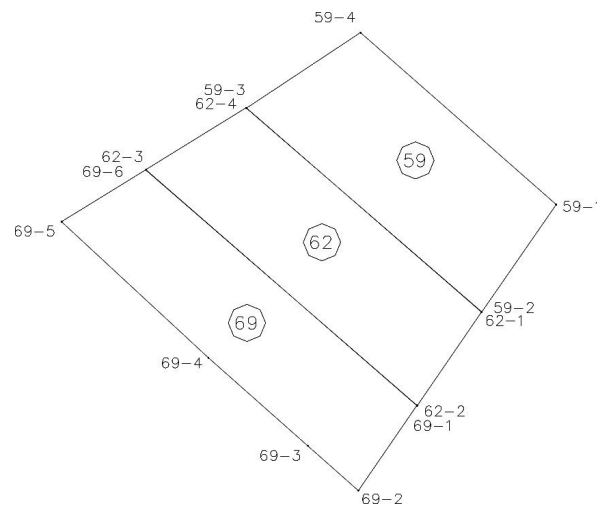
Žemės sklypų grupės plotų pokytis turi atitikti šią sąlygą:

$$\sum \Delta P \leq k\sqrt{\sum P}. \quad (6)$$

Optimizavimo sąlyga ir ribojimai gali būti suformuluoti ir kitaip, atsižvelgiant į sprendžiamo uždavinio tikslą.

### 4. Eksperimentiniai skaičiavimai ir rezultatų analizė

Eksperimentui atlikti pasirinkti greta esantys trys miškų ūkio paskirties žemės sklypai (2 pav.). Kadastrinių matavimų metu nustatytos sklypų koordinatės (pradiniai duomenys uždaviniui spręsti) pateiktos 1 lentelėje.



2 pav. Žemės sklypų išsidėstymo schema

Fig. 2. Location scheme of the land parcels

1 lentelė. Žemės sklypų posūkio taškų koordinatės

Table 1. Coordinates of the land parcels turning points

Sklypo Nr. 59		
Nr.	x (m)	y (m)
59-1	6090942,23	500789,59
59-2	6090900,09	500760,52
59-3	6090980,12	500668,54
59-4	6091009,79	500713,12
Sklypo Nr. 62		
Nr.	x (m)	y (m)
62-1	6090900,01	500760,38
62-2	6090863,20	500735,25
62-3	6090955,96	500629,26
62-4	6090980,29	500668,42
Sklypo Nr. 69		
Nr.	x (m)	y (m)
69-1	6090863,36	500735,14
69-2	6090829,88	500712,28
69-3	6090847,47	500692,51
69-4	6090882,05	500653,69
69-5	6090935,50	500596,29
69-6	6090955,82	500629,12

Iš 1 lentelės matyti, kad sklypų sąsajose esančių riboženklų koordinatės nesutampa. Atvaizdavus 1 lentelėje pateiktus duomenis grafiškai ir sujungus žemės sklypų posūkio taškus linijomis, dėl bendrų riboženklų 59-2 ir 62-1; 59-3 ir 62-4; 62-2 ir 69-1; 62-3 ir 69-6 koordinacių nesutapimų gaunami tarpai tarp sklypų ribų arba sanklotos, t. y. yra žemės sklypų topologijos neapibrėžtumai. Nekilnojamojo turto kadastro žemėlapyje šie nesutapimai turi būti panaikinti. Taigi turime 4 nevienareikšmiškai apibrėžtus ir 6 vienareikšmiškai apibrėžtus žemės sklypų ribų posūkio taškus.

Kiekvienas taškas aprašomas  $x$  ir  $y$  koordinatėmis, todėl nagrinėjamu atveju individą sudaro 8 nežinomieji:  $x_1, y_1$  – taškų 59-2 ir 62-1,  $x_2, y_2$  – taškų 59-3 ir 62-4,  $x_3, y_3$  – taškų 62-2 ir 69-1,  $x_4, y_4$  – taškų 62-3 ir 69-6 koordinatės bei optimizavimo sąlygos reikšmė  $F$ .

Ribojimams kontroliuoti įvedami norminiai dokumentais (Lietuvos Respublikos... 2002) reglamentuoti leidžiamieji riboženklų koordinacių nesutapimai  $\Delta_{xy} = 0,30$  m bei koeficientas  $k = 0,05$ .

Prieš pradėdant skaičiavimus, reikia nustatyti genetinio algoritmo parametrus: modeliuojamos populiacijos dydį, kryžminimo tikimybę, mutacijos tikimybę ir modeliuojamų populiacijų skaičių. Eksperimentiniam uždaviniui spręsti genetinio algoritmo parametrai pateikti 2 lentelėje.

2 lentelė. Genetinio algoritmo parametrai

Table 2. Genetic algorithm parameters

Populiacijos dydis	20
Kryžminimo tikimybė $p_{cross}$ .	0,9
Mutacijos tikimybė $p_{mut}$ .	0,1
Populiacijų skaičius	100

3 lentelė. Pradinė populiacija

Table 3. Initial population

$F$	$x_1$	$y_1$	$x_2$	$y_2$	$x_3$	$y_3$	$x_4$	$y_4$
18,1858	6090900,04	500760,38	6090980,26	500668,47	6090863,33	500735,17	6090955,94	500629,12
16,9618	6090900,04	500760,43	6090980,16	500668,50	6090863,23	500735,20	6090955,95	500629,21
13,1245	6090900,08	500760,38	6090980,17	500668,53	6090863,27	500735,19	6090955,92	500629,12
20,3524	6090900,03	500760,46	6090980,23	500668,44	6090863,24	500735,24	6090955,87	500629,25
...	...	...	...	...	...	...	...	...
7,5189	6090900,05	500760,39	6090980,14	500668,50	6090863,24	500735,18	6090955,82	500629,26

4 lentelė. Kryžminami individai

Table 4. Decussate individuals

$F$	$x_1$	$y_1$	$x_2$	$y_2$	$x_3$	$y_3$	$x_4$	$y_4$
18,1858	6090900,04	500760,38	6090980,26	500668,47	6090863,33	500735,17	6090955,94	500629,12
16,9618	6090900,04	500760,43	6090980,16	500668,50	6090863,23	500735,20	6090955,95	500629,21
...	...	...	...	...	...	...	...	...

Skaičiavimų eigai iliustruoti pateiksime kai kurias skaičiavimų ciklą ištraukas.

Nagrinėjamu atveju individą sudaro 8 nežinomieji –  $x_1, y_1, x_2, y_2, x_3, y_3, x_4, y_4$  ir optimizavimo sąlygos (1) reikšmė  $F$ . Pradinės populiacijos generavimo pagal pradinis duomenis (1 lentelė) pavyzdžio ištrauka pateikta 3 lentelėje.

Iš generuotos populiacijos atrenkami individai naujai populiacijai formuoti. Naują populiaciją formuoja geresni individai, nes jie turi daugiau galimybių prisitaikyti prie optimizavimo aplinkos, todėl atrankos metu prioritetas turi būti suteikiamas geresniems individams. Vieno individo pranašumas, palyginti su kitu individu, nustatomas pagal juos atitinkančios optimizavimo sąlygos reikšmes. Nagrinėjamu atveju kuo mažesnę optimizavimo sąlygos reikšmę atitinka individas, tuo jis yra pranašesnis ir turi daugiau galimybių būti atrinktas į formuojamą populiaciją (Golberg 1989; Šešok 2008).

Kryžminimo stadijoje atrinkti individai su priimta tikimybe  $p_{cross}$  atsitiktiniu būdu apsikeičia informacija tarp populiacijos individų. Individų kryžminimo ištraukų pavyzdžiai pateikti 4 ir 5 lentelėse. Iš šių lentelių matome, kad kryžminimo metu tarp individų susikeitė koordinacių  $x_2, y_2, x_3, y_3, x_4, y_4$  informacija.

Mutacijos operacijos metu, siekiant geresnių optimizavimo sąlygos rodiklių, su tam tikra tikimybe  $p_{mut}$  keičiasi individų reikšmės. Tuo atveju, kai koordinatė mutuoja, jos reikšmė didinama arba mažinama pasirinktu žingsniu. Nagrinėjamu atveju pasirinktas mutacijos žingsnis 0,01 m, kuris atitinka užrašomų koordinacių skyros žingsnį. Individų, parodytų 5 lentelėje, mutacijos pavyzdys pateiktas 6 lentelėje (mutuotos koordinatės atvaizduotos kursyvu).

5 lentelė. Individai atlikus kryžminimą

Table 5. Individuals following a simple crossbreeding

F	$x_1$	$y_1$	$x_2$	$y_2$	$x_3$	$y_3$	$x_4$	$y_4$
...	6090900,04	500760,38	6090980,16	500668,50	6090863,23	500735,20	6090955,95	500629,21
...	6090900,04	500760,43	6090980,26	500668,47	6090863,33	500735,17	6090955,94	500629,12
...	...	...	...	...	...	...	...	...

6 lentelė. Individai po mutacijos

Table 6. Individuals after mutation

F	$x_1$	$y_1$	$x_2$	$y_2$	$x_3$	$y_3$	$x_4$	$y_4$
...	6090900,04	500760,38	6090980,16	500668,49	6090863,23	500735,20	6090955,95	500629,21
...	6090900,05	500760,43	6090980,26	500668,47	6090863,33	500735,17	6090955,94	500629,12
...	...	...	...	...	...	...	...	...

Po kryžminimo ir mutacijos pasikeitė individai, todėl pakinta ir juos atitinkančios optimizavimo sąlygos reikšmės. Po mutacijos operacijos gautai populiacijai vėl galima generuoti naują populiaciją ir taikyti aprašytus GA operatorius (Goldberg 1989; Misevičius *et al.* 2005, 2009; Šešok 2008). Individai naujai populiacijai atrenkami pagal geriausias optimizavimo sąlygos reikšmes.

Skaičiavimai cikliška kartojami, kol optimizavimo sąlyga pasiekia nustatytą ribą.

Optimizuotos sklypų bendrų riboženklų koordinatės pateiktos 7 lentelėje. Žemės sklypų plotai prieš ir po optimizavimo pateikti 8 lentelėje.

7 lentelė. Optimizuotos žemės sklypų riboženklų koordinatės

Table 7. The optimized coordinates of the landmarks

Buvęs taško Nr.	Taško Nr.	$x$ (m)	$y$ (m)
59-2; 62-1	1	6090900,09	500760,38
59-3; 62-4	2	6090980,12	500668,54
62-2; 69-1	3	6090863,36	500735,14
62-3; 69-6	4	6090955,82	500629,25

8 lentelė. Žemės sklypų plotų prieš ir po optimizavimo palyginimas

Table 8. The comparison of the land area before and after optimization

Sklypo Nr.	Plotas prieš sklypų ribų topologijos optimizavimą (m <sup>2</sup> )	Plotas po sklypų ribų topologijos optimizavimo (m <sup>2</sup> )	Plotų pokytis $\Delta P$ (m <sup>2</sup> )
59	5741,60	5744,25	-2,65
62	5806,85	5799,56	7,29
69	5812,74	5817,44	-4,70
Iš viso:	17361,19	17361,25	-0,06

Palyginus pradines riboženklų koordinatės reikšmes (1 lentelė) su optimizuotomis sklypų bendrų riboženklų koordinatėmis (7 lentelė) matyti, kad koordinatės nesutapimai yra mažesni už leidžiamąsias (0,30 m) reikšmes.

Iš 8 lentelės duomenų akivaizdu, kad po sklypų topologijos optimizavimo plotų pokyčiai yra leistinų ribų, ir optimizavimo sąlygos reikšmė  $|0,06| m^2 < 1 m^2$ .

Apibendrinant eksperimento rezultatus galima teigti, kad sklypų topologijai optimizuoti taikant genetinį algoritmą numatytas darbo tikslas pasiektas.

## 5. Išvados

Remiantis atliktų tyrimų rezultatais gautos šios pagrindinės išvados:

1. Genetinį algoritmą galima taikyti kadastrinių matavimų rezultatų nevienareikšmiškumams panaikinti ir žemės sklypų ribų topologijai nekilnojamojo turto kadastro žemėlapyje optimizuoti.
2. Taikant genetinį algoritmą žemės sklypų ribų topologijai optimizuoti, minimizuojami po optimizavimo gautų sklypų plotų nuokrypiai nuo atlikus kadastrinius matavimus nustatytų plotų.
3. Priimti ribojimai užtikrina optimizuotų rezultatų bei norminiuose dokumentuose numatytų kadastrinių matavimų ir žemės sklypų žymėjimo nekilnojamojo turto kadastro žemėlapyje tikslinimo reikalavimų atitikimą.
4. Sklypų riboms koreguoti taikant kadastro žemėlapyje genetinį algoritmą su parengtais ribojimais ir optimizavimo sąlyga koregavimo procese išvengiama darbuotojų subjektyvumo ir sisteminių klaidų kaupimosi.

## Literatūra

Baušys, R.; Pankrašovaitė, I. 2005. Optimization of architectural layout by the improved genetic algorithm, *Journal of Civil Engineering and Management* 11(1): 13–21. ISSN 1392-3730.

- Baušys, R.; Pankrašovaite, I. 2007. Optimization of constructional layout by improved genetic and memetic algorithms, in *The 9th international conference "Modern building materials, structures and techniques"*: selected papers, vol 3. May 16–18, 2007, Vilnius, Lithuania. Vilnius: Technika, 904–909. ISBN 9789955282006.
- Carretero, J.; Xhafa, F. 2006. Use of genetic algorithms for scheduling jobs in large scale grid applications, *Technological and Economic Development of Economy* 12(1): 11–17.
- Dolled-Filhart, M.; Ryden, L.; Cregger, M.; Jirstrom, K.; Harigopal, M.; Camp, R. L.; Rimm, D. L. 2006. Classification of Breast Cancer Using Genetic Algorithms and Tissue Microarrays, *Clinical Cancer Research* 12: 6459–6468. doi:10.1158/1078-0432.CCR-06-1383
- Goyal, S. K. 2007. Observation on: A genetic algorithm for solving a fuzzy economic lot-size scheduling problem, *International Journal of Production Economics* 105: 608. doi:10.1016/j.ijpe.2006.06.003
- Goldberg, D. E. 1989. *Genetic algorithms in search, optimization and machine learning*. New York: Addison-Wesley.
- Jia, Y.; Rajkumar, B. 2006. Scheduling Scientific Workflow Applications with Deadline and Budget Constraints Using Genetic Algorithms, *Scientific Programming* 14: 217–230.
- Jonauskienė, I. 2010. Kauno apskrities žemės sklypų kokybės tyrimas, iš *Matavimų inžinerija ir GIS: respublikinės mokslinės-praktinės konferencijos medžiaga 2010/1*: 70–74.
- Jonauskienė, I.; Demčiuk, S. 2009. Daugiakriterinės analizės taikymas žemės sklypų kadastro duomenų kokybei vertinti, *Geodezija ir kartografija* [Geodesy and Cartography] 35(2): 66–71. doi:10.3846/1392-1541.2009.35.66-71
- Leardi, R. 2007. Genetic algorithms in chemistry, *Journal of Chromatography A* 1158: 226–233. doi:10.1016/j.chroma.2007.04.025
- Lietuvos Respublikos nekilnojamojo turto kadastro įstatymas [Law of Real Property Cadastre of the Republic of Lithuania], 2000, *Valstybės žinios* 58-1704.
- Lietuvos Respublikos nekilnojamojo turto kadastro nuostatai [Regulations of Real Property Cadastre of the Republic of Lithuania], 2002, *Valstybės žinios* 41-1539.
- Misevičius, A.; Blonskis, J.; Bukšnaitis, V. 2005. Kombinatorinio optimizavimo ir genetinių algoritmų aspektai, *Informacijos mokslai* [Information sciences] 34: 307–314.
- Misevičius, A.; Blažinskas, A.; Blonskis, J.; Bukšnaitis, V. 2009. Genetiniai algoritmai kompiuteriškai uždaviniui: negatyvieji ir pozityvieji aspektai, *Informacijos mokslai* [Information sciences] 34: 307–314.
- Nekilnojamojo daikto ribų žymėjimo nekilnojamojo turto kadastro žemėlapyje ir kadastro žemėlapio tikslinimo techniniai reikalavimai [Technical requirements for boundary marking the property objects in the real property cadastral map and revision of cadastral map], 2006, *Valstybės žinios* 8-311.
- 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.
- Reeves, C. R. 2002. Genetic algorithms, in F. Glover, G. Kochenberger (Eds.). *Handbook of Metaheuristics*. Norwell: Kluwer.
- Sanchis, L.; Hakansson, A.; Lopez-Zanon D.; Bravo-Abad, J.; Sanchez-Dehesa, J. 2004. Integrated optical devices design by genetic algorithm, *Applied Physics Letters* 84.
- Shnaidman, A.; Shoshani, U.; Doytsher, Y. 2009. *TS 6A – Standardization Aspects in Land Administration*, FIG Working Week.
- Shu-Guang, Li. 2008. Genetic algorithm for solving dynamic simultaneous route and departure time equilibrium problem, *Transport* 23(1): 73–77. doi:10.3846/1648-4142.2008.23.73-77
- Simon, E. F. 2004. Möglichkeiten und Utopien geodätischer Informationssysteme aus der Sicht eines Praktikers, *Geodezija ir kartografija* [Geodesy and Cartography] 30(4): 101–106.
- Sivanandam, S. N.; Deepa, S. N. 2008. *Introduction to Genetic Algorithms*. Berlin – Heidelberg – New York: Springer. 442 p.
- Skeivalas, J. 2004. Geodezinių koordinačių transformavimo Helmerto algoritmu tikslumas, *Geodezija ir kartografija* [Geodesy and Cartography] 30(4): 97–100.
- Skeivalas, J. 2005. Erdvinių geodezinių koordinačių transformavimo algoritmu tikslumas, *Geodezija ir kartografija* [Geodesy and Cartography] 31(2): 54–56.
- Skeivalas, J.; Aleknienė, E. 2004. Koordinatų matavimo tikslumas, nustatant kadastrinių sklypų plotus, *Geodezija ir kartografija* [Geodesy and Cartography] 30(3): 71–74.
- Skeivalas, J.; Dargis, R. 2006. Plokštuminių ir erdvinių geodezinių koordinačių transformavimo algoritmų tikslumo analizė, *Geodezija ir kartografija* [Geodesy and Cartography] 32(3): 62–65.
- Skeivalas, J.; Juciūtė, S. 1998. Žemės plotų ir koordinačių deformacijos kartografinėse projekcijose, *Geodezija ir kartografija* [Geodesy and Cartography] 24(1): 25–31.
- Šešok, D. 2008. *Santvarų topologijos optimizavimas genetinėmis algoritmais* [Topology optimization of truss structures using genetic algorithms]: daktaro disertacija. Vilniaus Gedimino technikos universitetas: technologijos mokslai, mechanikos inžinerija (09T). Vilnius: Technika. 108 p. ISBN 9789955282730.
- 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.

---

**Algimantas ZAKAREVIČIUS.** Prof. Dr Habil at the Department of Geodesy and Cadastre, Vilnius Gediminas Technical University, Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lithuania. Ph +370 5 237 0630, Fax +370 5 274 4705, e-mail: [Algimantas.Zakarevicius@vgtu.lt](mailto:Algimantas.Zakarevicius@vgtu.lt).

A graduate from Kaunas Polytechnic Institute (now Kaunas University of Technology), geodetic engineer, 1965. Doctor's degree at Vilnius University, 1973. Dr Habil degree at VGTU, 2000. The author of more than 200 publication and 3 monographs.

Research interests: investigations into the recent geodynamics processes, formulation of geodetic networks.

---

**Vladislovas Česlovas AKSAMITAUSKAS.** Assoc. Prof. at the Department of Geodesy and Cadastre, Vilnius Gediminas Technical University, Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lithuania. Ph +370 5 274 4701, Fax +370 5 274 4705, e-mail: [caks@ap.vgtu.lt](mailto:caks@ap.vgtu.lt).

Doctor of Science (1993). The author of two teaching books and more than 50 scientific papers. Participated in a number of international conferences.

Research interests: geodetic instrumentation, automation of measurements, angular and distance measurements.

---

**Irina JONAUSKIENĖ.** Doctoral student. Dept of Geodesy and Cadastre, Vilnius Gediminas Technical University, Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lithuania, Ph +370 5 274 4703.

A graduate of Vilnius Gediminas Technical University (Master of Science, 2005). Research interests: cadastral surveying, land management, GIS.

---

**Dmitrij ŠEŠOK.** Assoc. Prof. Dr at the Department of Engineering Mechanics, Vilnius Gediminas Technical University, Lithuania. Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lithuania. Ph. +370 5 274 4825, e-mail: *dms@vgtu.lt*.

PhD (2008). The author of one teaching book and 10 scientific papers. Participated in 5 international conferences.

Research interests: global optimization.