

# Teminių žemėlapių tikslumą vertinanti metodika

## Artūras Baurėnas

Vilniaus universitetas,  
M. K. Čiurlionio 21,  
LT-03101 Vilnius  
El. paštas: arturas.bautrenas@gf.vu.lt

## Artūras Kmeliauskas

VĮ Distancinių tyrimų ir  
Geoinformatikos centras „GIS-Centras“,  
Sėlių 66, LT-08109 Vilnius  
El. paštas: arturas.kmeliauskas@gmail.lt

Baurėnas A., Kmeliauskas A. Teminių žemėlapių tikslumą vertinanti metodika. *Geografija*. 2009. T. 45(1). ISSN 1392-1096.

Straipsnyje pateikta autorių sudaryta teminių žemėlapių tikslumą vertinanti metodika, jai išskirti reikalavimai, analizuojamos metodikos automatizavimo galimybės. Tiriamas keleto teminių žemėlapių koordinuotų sutartinių ženklų padėjimo tikslumas. Darbo metu išanalizuotos teorinės prielaidos; sukurta tikslumą vertinanti metodika ir jos principų schema; sukurtas ir aprašytas tikslumą vertinančios metodikos automatizavimui skirtų kompiuterinių programų junginys „KartoMat“; vertinant automatizuotos metodikos efektyvumą analizuotas trijų teminių žemėlapių koordinuotų sutartinių ženklų padėjimo tikslumas.

**Raktažodžiai:** tikslumas, automatizavimas, žemėlapis, koordinatės, programavimas

## ĮVADAS

Kartografinės produkcijos kokybę lemia gausybė veiksnių (Dumbliauskienė, 2002; Chomskis, 1979, Baurėnas, 2002), tačiau vienas svarbiausių – informacijos korektiškumas, glaudžiai susijęs su žemėlapiu tikslumu. Tikslumo klaidos menkina žemėlapių vertę, todėl ypač svarbu, kad pasirinktas žemėlapis atitiktų jam keliamus tikslumo reikalavimus.

Spausdintų teminių žemėlapių tikslumą nulemia keletas veiksnių: spausdinimo kokybė, žemėlapių mastelis (tikėtina, kad smulkesnio mastelio žemėlapiuose nedidelės sutartinių ženklų padėjimo klaidos bus nepastebimos), kartografo darbas (žmogiškasis veiksnys) ir t. t. Teminių žemėlapių tikslumo vertinimo tyrimai Lietuvoje plačiai neanalizuoti. Šia tematika išleista tik keletas publikacijų, todėl šiuo aspektu nagrinėjami klausimai yra ypač aktualūs tolesniam teminės kartografijos plėtojimui Lietuvoje.

Teminiuose žemėlapiuose informacija užkoduojama tam tikrais specifiniais ženklais ar simboliais, t. y. sutartiniais ženklais (ženklų sistemomis) (Dumbliauskienė, 2002; Lenkevičius, Matickas, 2004). Ženklų sistemų įvairovė labai plati ir priklauso nuo žemėlapių tematikos, turimos kartografuojamos informacijos detalumo, pasirinkto kartografavimo metodo, žemėlapių mastelio ir daugelio kitų aspektų, tačiau apskritai visus ženklus galima skirstyti į dvi dideles grupes:

1) ženklai, kurių padėtis žemėlapyje nėra griežtai koordinuota (tai arealą nusakantys ženklai, pavyzdžiui, konkrečiame areale vyraujantį augmenijos tipą);

2) koordinuoti sutartiniai ženklai (vieni dažniausiai naudojamų tokių koordinuotų sutartinių ženklų – tai miestų, gyvenviečių, kaimų padėtį žymintys ženklai).

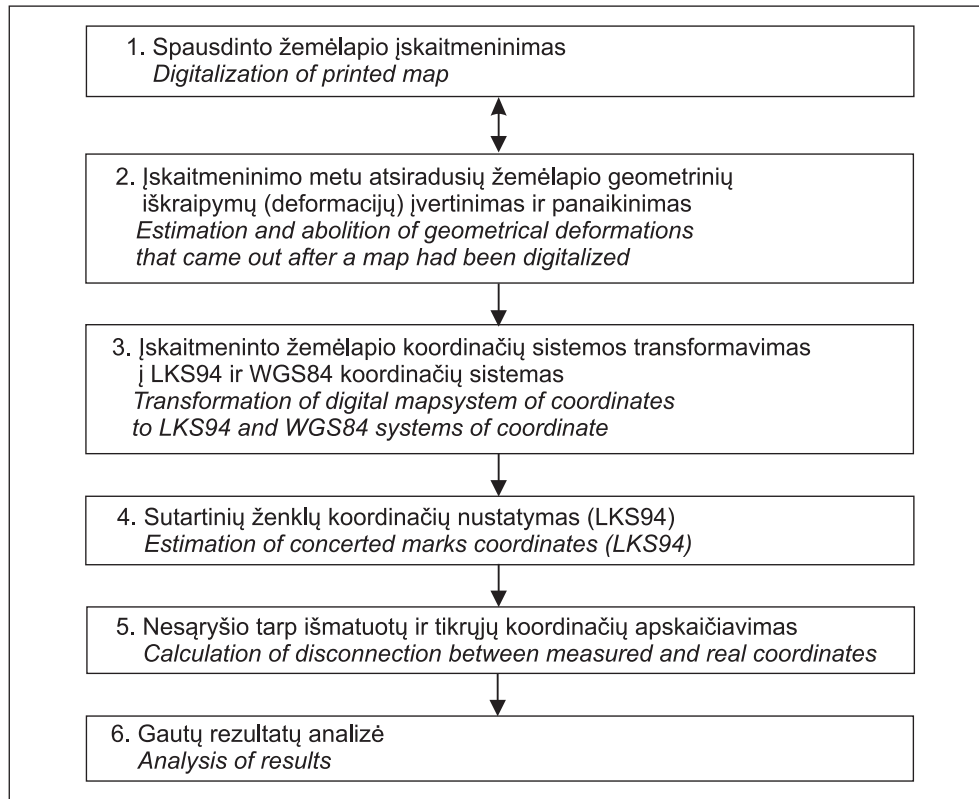
Šio tyrimo objektu pasirinkti Lietuvos miestus žymintys koordinuoti ženklai. Tyrimo metu pamėginta įvertinti atspausdintų teminių žemėlapių tikslumą analizuojant miestų sutartinių ženklų (puansonų) padėjimo tikslumą pasirinktuose teminiuose žemėlapiuose. Nustatant popieriniame žemėlapyje sutartinių ženklų padėjimo tikslumą būtinas itin didelis kruopštumas, sugaištama nemažai laiko, todėl šiam darbui atlikti buvo sukurta tikslumą vertinanti metodika ir tyrimą automatizuojanti kompiuterinė programa.

## SUTARTINIŲ ŽENKLŲ PADĖJIMO TIKSLUMĄ VERTINANTI METODIKA

Esminius sutartinių ženklų padėjimo tikslumą vertinančios metodikos principus nusako schema (1 pav.), pagal kurią visą darbų eigą galima suskirstyti į 6 etapus.

1. *Spausdinto žemėlapiu įskaitmeninimas.* Spausdinti žemėlapiai dažniausiai įskaitmeninami dviem būdais – digitalizuojant ir nuskaityt. Pasirinktas pastarasis įskaitmeninimo būdas, nes jis yra greitesnis ir patogesnis nei digitalizavimas (Baurėnas, 2002; Baurėnas, Konstantinova, 2006).

2. *Įskaitmeninimo metu atsiradusių žemėlapiu geometriinių iškreipimų (deformacijų) įvertinimas ir panaikinimas.* Nuskaityt žemėlapi dėl įvairių priežasčių atsiranda geometrinės deformacijos, t. y. skaitmeninio vaizdo iškreipimai (Baurėnas, 2002; Konstantinova, 2004).



1 pav. Tikslumą vertinančios metodikos principų schema  
Fig. 1. Scheme of accuracy estimation methodology principles

Norint panaikinti geometrines deformacijas pirmiausia reikia įvertinti atsiradusių geometrinių iškreipimų dydį. Tam tikslui išmatuojami atstumai tarp taškų, kurių koordinatės yra žinomos, ir gauti rezultatai (ilgiai) palyginti su tikraisiais dydžiais. Tam geriausiai tinka žemėlapyje esantis koordinatinių tinklas.

3. *Įskaitmeninto žemėlapių koordinatinių sistemų transformavimas į LKS94 ir WGS84 koordinatinių sistemas.* Neįskaitmeninto (spausdinto) žemėlapių koordinatinių tinklas (pvz., LKS94 arba WGS84) siejamas su atitinkamais matavimo vienetais (pvz., metrais arba laipsniais), t. y. šio tinklo atžvilgiu galima nustatyti kiekvieno objekto padėtį naudojamoje koordinatinių sistemoje (Zekerevičius, Putrimas, 1995; Zakarevičius, 1996; Zakarevičius, 2000).

Nuskaičius (įskaitmeninus) žemėlapi šis ryšys prarandamas, bet kokia panaudota koordinatinių sistema tampa lapo koordinatinių sistema, t. y. koordinatinių tinklo pradžia tapatina su apatiniu kairiuoju arba viršutiniu kairiuoju žemėlapi lapo kampu. Norint nustatyti sutartinių ženklų tikrąją padėtį, reikia spaudos lapo stačiakampes koordinatas transformuoti į LKS94 koordinatas, o pastarąsias – į WGS84 elipsoidines koordinatas.

4. *Sutartinių ženklų koordinatinių nustatymas (LKS94).* Siekiant nustatyti pasirinktų sutartinių ženklų planines padėjimo koordinatas ir įvertinti sukurtos metodikos tikslumą, kiekvieno pasirinkto sutartinio ženklo koordinatė buvo nustatinėjama dviem būdais.

- Pirmiausia pasirinktų sutartinių ženklų koordinatės nustatytos lapo koordinatinių sistemoje naudojant „Adobe Illustrator CS2“ kompiuterinę programą. Koordinatės 0,001 mm tikslumu nustatytos žemėlapyje, vėliau 0,0001 m tikslumu jos transformuotos į LKS94 koordinatas vietovėje.

- Sutartinių ženklų koordinatės antruoju būdu nustatytos įkėlus žemėlapi į „AutoCAD 2006“ kompiuterinę programą. Šioje programoje programiškai susietos lapo koordinatinių ir LKS94 koordinatinių sistemų, t. y. vaizdas nustumtas į LKS94 koordinatas, todėl koordinatės iš karto nustatytos LKS94 koordinatinių sistemoje (0,0001 m tikslumu vietovėje) (Bautrėnas, 2006). Abiem atvejais sutartinių ženklų centro koordinatės nustatomos vizualiai.

5. *Nesąryšio tarp išmatuotų ir tikrųjų koordinatinių apskaičiavimas.* Nuokrypiai tarp išmatuotų koordinatinių ir tikrųjų koordinatinių apskaičiuoti pagal šias formules:

$$\begin{aligned}DX_A &= X_A - X_T, \\DY_A &= Y_A - Y_T, \\DX_m &= X_m - X_m', \\DY_m &= Y_m - Y_m';\end{aligned}$$

čia  $DX_A, DY_A$  – išmatuotų koordinatinių ir tikrųjų koordinatinių nuokrypis naudojant „Adobe Illustrator CS2“ programą;  $DX_m, DY_m$  – išmatuotų koordinatinių ir tikrųjų koordinatinių nuokrypis naudojant „AutoCAD 2006“ programą;  $X_T, Y_T$  – tikrosios miesto koordinatės;  $X_A, Y_A$  – „Adobe Illustrator CS2“

programa apskaičiuotos miesto koordinatės;  $X_m$ ,  $Y_m$  – „AutoCAD 2006“ programa nustatytos miesto koordinatės.

6. *Gautų rezultatų analizė.* Norint atlikti gautų rezultatų analizę, reikia juos palyginti tarpusavyje. Tam geriausia tinka „Microsoft Office Excel“ programa, nes joje galima gautus rezultatus palyginti ne tik skaitmeniniu būdu, bet ir grafiškai.

Tokia tikslumo analizė yra gana sudėtinga ir reikalauja gana didelių laiko sąnaudų. Akivaizdu, kad atliekant skaičiavimus nepavyktų išvengti klaidų. Tik maksimalus šios metodikos automatizavimas leistų pasirinkto žemėlapio tikslumą įvertinti greitai ir pakankamai tiksliai.

## SUTARTINIŲ ŽENKLŲ PADĖJIMO TIKSLUMĄ VERTINANČIOS METODIKOS AUTOMATIZAVIMAS

Derėtų iškart pažymėti, kad visos tikslumą vertinančios metodologijos automatizuoti neįmanoma, nes tikslumo vertinimo kriterijų (objektų, atkarpų, plotų) parinkimas yra žmogaus, o ne programos prerogatyva. Tačiau galima automatizuoti atskiras metodikos dalis, t. y. sukurti kompiuterinę programą, kuri apskaičiuotų įvairius duomenis.

*Reikalavimai kuriamai programai:*

1. Automatinis nuskaitytų žemėlapio fragmentų įkėlimas.
2. Ryšio tarp nuskaityto vaizdo koordinacių ir naudojamų (LKS94 arba WGS84) koordinacių nustatymas.
3. Kompleksinis žemėlapio geometrinių deformacijų vizualizavimas.

4. Geometrinių nuskaitymo deformacijų nustatymas ir panaikinimas.

5. LKS94 koordinacių tinklo braižymas.

6. Koordinacių perskaičiavimas iš WGS84 į LKS94 ir atvirkščiai.

7. Įkeltų žemėlapių fragmentų padėties keitimas koordinacių tinklo atžvilgiu.

8. Įkeltų žemėlapio fragmentų didinimas arba mažinimas.

9. Transformuotų (be geometrinių deformacijų) žemėlapio fragmentų išsaugojimas fiksuojant koordinacių padėtį.

10. Automatinis sutartinių ženklų centro koordinacių nustatymas.

11. Atstumų tarp nurodytų dviejų objektų apskaičiavimas.

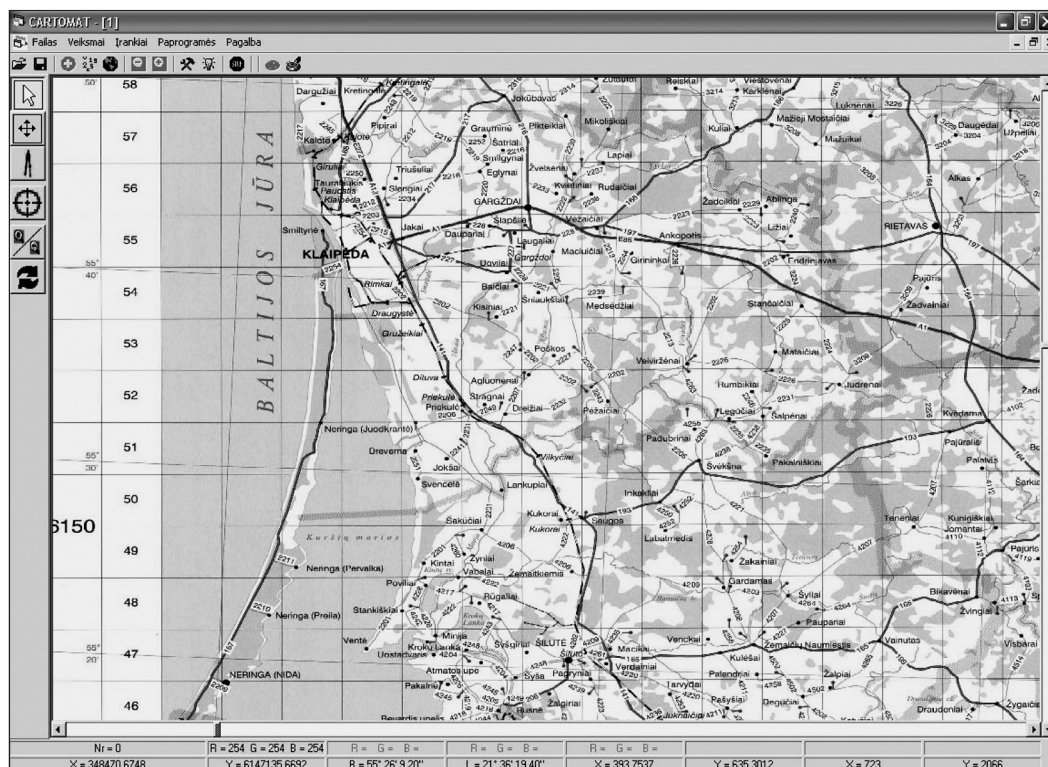
12. Visų teorinių ir esamų atstumų, plotų, perimetrų ir jų tarpusavio nesutapimų (nuokrypių) apskaičiavimas.

13. Tiesioginio matavimo duomenų (miesto centro koordinacių ir pavadinimų) ir suskaičiuotų rezultatų įkėlimas į duomenų bazę „Kmat“, suskaičiuotų rezultatų iškėlimas į „Microsoft Office Excel ...“ programą tolesniam apdorojimui (grafinis vizualizavimas).

14. Žemėlapių (programos lango permatomumas) vizualus sugretinimas.

15. Visų vartotojo pasirinktų transformacijos parametru išsaugojimas.

Kiekvienam programai iškeltam reikalavimui buvo sukurtas atskiras programos fragmentas (paprogramė) ir jie sujungti į bendrą kompiuterinę programą sąlyginu pavadinimu „KartoMat“ (Kartografiniai matavimai) (2 pav.).

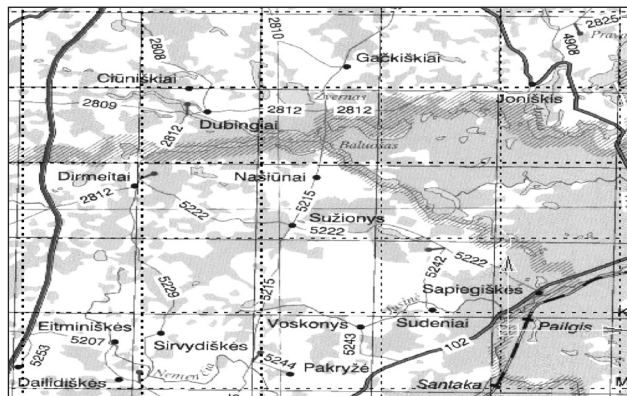


2 pav. „KartoMat“ kompiuterinės programos langas  
Fig. 2. The window of the KartoMat computer program

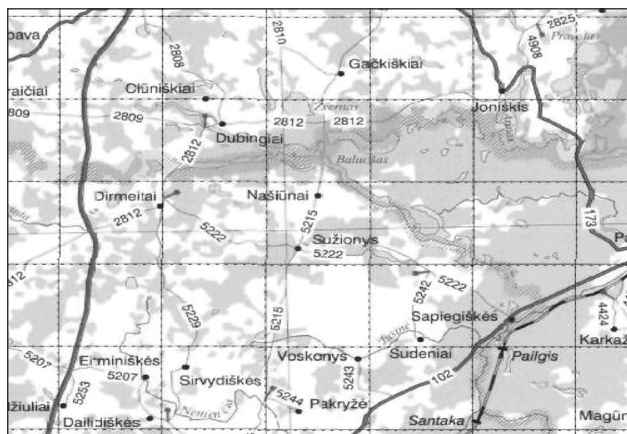


Keletą įgyvendinimo aspektų panagrinėkime plačiau.

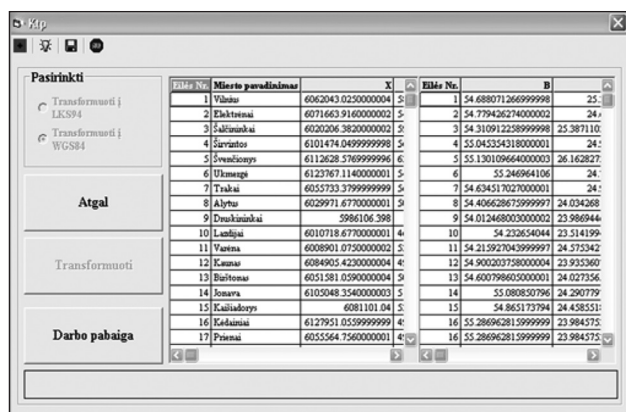
*Automatinis nuskaitytų žemėlapių fragmentų įkėlimas.* Nuskaitymas atliekamas A4 lapo formate, t. y. didesnio formato žemėlapiui įskaitmeninti dalimis. Siekiant labiau automatizuoti visą procesą, automatizuotas ir žemėlapių fragmentų



3 pav. Nuskaityto žemėlapių fragmentas prieš transformaciją  
Fig. 3. Fragment of a map scanned before transformation



4 pav. Nuskaityto žemėlapių fragmentas po transformacijos  
Fig. 4. Fragment of a map scanned after transformation



5 pav. Paprogramės „Ktp“ koordinatų transformavimo langas koordinatės nuskaitant iš rinkmenos

Fig. 5. The window of coordinates' transformation routine "Ktp" when the coordinates are taken from the file

įkėlimas, kuris vyksta pagal jų pavadinimus, t. y. žemėlapių fragmento pavadinimas lygus  $i-n$ ; čia  $i$  – eilutės numeris,  $n$  – stulpelio numeris.

*Geometrinių nuskaitymo deformacijų nustatymas ir panaikinimas.* Įskaitmenintame nuskaityto žemėlapių vaizde gali atsirasti geometrinių deformacijų (Bautrėnas, 1999; Bautrėnas 2002), kurioms panaikinti buvo sukurta „Tkap“ paprogramė (skirta atstatyti nuskaitymo metu žemėlapyje atsiradusias geometrines deformacijas). Trečiame paveiksle pateiktas nuskaityto žemėlapių fragmentas, kuriame punktyrinėmis linijomis pavaizduotas nedeformuotas LKS94 koordinatų tinklas, o greta jo matyti nuskaityto žemėlapių fragmento deformuotas LKS94 koordinatų tinklas.

Kadangi geometrines deformacijas žemėlapyje pasiskirs-to nevienodai, patartina apskaičiuoti transformacijos koeficientus, o vėliau transformuoti ne visą žemėlapi iš karto, bet atskirus jo fragmentus. Taip pasiekiamas didesnis tikslumas.

*Koordinatų perskaičiavimas iš WGS84 į LKS94 ir atvirkščiai.* „Ktp“ (Koordinatų transformavimo paprogramė) skirta transformuoti koordinatės iš WGS84 į LKS94 koordinatų sistemą ir atvirkščiai. Koordinatų transformavimui panaudoti tokie algoritmai:

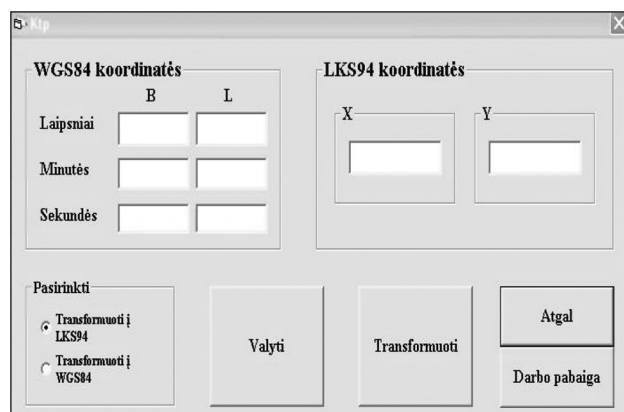
- 1) plokštuminių (LKS94) koordinatų skaičiavimas pagal elipsoidines (WGS84) koordinatės;
- 2) elipsoidinių (WGS84) koordinatų skaičiavimas pagal plokštumines (LKS94) koordinatės.

Šioje paprogramėje koordinatės galima transformuoti dviem būdais:

- rankiniu būdu (6 pav.) ir automatizuotai, t. y. jas nuskaitant iš rinkmenos (5 pav.).

*Automatinis sutartinių ženklų centro koordinatų nustatymas.* Nustatyti žemėlapyje pasirinkto miesto sutartinio ženklo (puansonio) koordinatės galima rankiniu būdu, t. y. atliekant tiesioginius matavimus spausdintame žemėlapyje. Tačiau šis būdas turi tris esminius trūkumus:

- 1) didelio kiekio sutartinių ženklų koordinatų nustatymas užima daug laiko;
- 2) dažniausiai naudojami prietaisai



6 pav. Paprogramės „Ktp“ koordinatų transformavimo langas suvedant koordinatės

Fig. 6. The window of coordinates' transformation routine "Ktp" when coordinates are inserted manually

ir žmogaus fizinės galimybės turi didelę įtaką matavimo tikslumui; 3) kadangi nustatomos ne tiesioginės koordinatės, jas reikia apskaičiuoti, o tai yra tiesioginis galimų klaidų šaltinis.

Įskaitmeninus žemėlapių sutartinių ženklų koordinates galima nustatyti vizualiai tam pritaikytose programose (pavyzdžiui, „Autodesk AutoCAD 2002“), t. y. pelės žymeklių uždedant ant miestų žyminčio ženklo ir užsirašant koordinates. Šis sutartinių ženklų koordinatinių nustatymo metodas pažangesnis, bet taip pat nėra efektingas. Pirmiausia tikslumas priklauso nuo naudojamos įrangos (monitoriaus), kuri lemia vizualaus pelės žymeklio padėjimo tikslumą, antra, pelės žymeklio padėjimo tikslumas priklauso nuo individualių žmogaus regėjimo savybių, t. y. to paties sutartinio ženklo centrą kiekvienas žmogus nustatys skirtingai. Iššeitis – automatizuoti sutartinių ženklų centro koordinatinių nustatymą.

Centro koordinatinių apskaičiavimo metodas remiasi dviem pikselio savybėmis:

- spalva (spalvos kodu RGB spalvų modulyje);
- pikselio padėtį dvimatėje plokštumoje nusakančia koordinatinių pora  $(x, y)$ .

Centro koordinatės apskaičiuojamos per monitoriaus pikselius. Toks metodas padėjo išvengti apskaičiavimo klaidų, kurios pasitaikydavo dėl pasikeitusios žemėlapių vaizdo padėties monitoriaus pikselių atžvilgiu.

Galimi tokie centro koordinatinių apskaičiavimo būdai pagal sutartinio ženklo formą:

- apskritimo (statmenų, vektoriniu), 2) kitos objektų formos.

„Apskritimo statmenų“ koordinatinių skaičiavimo eiliškumas pavaizduotas 7 paveiksle. Pasirenkamas bet koks apskritime esantis taškas ir nustatoma jo (pikselio) spalva RGB

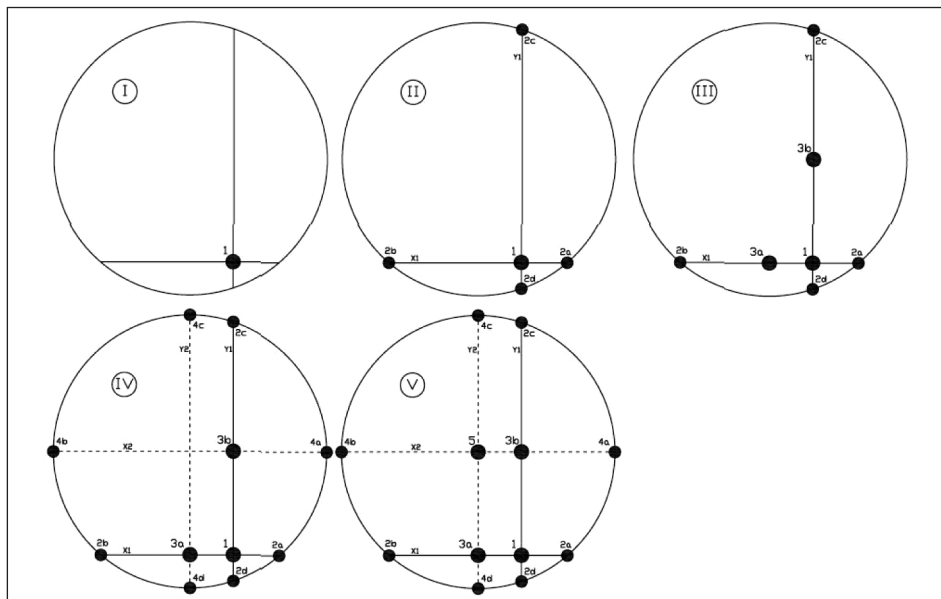
spalvų modulyje. Nuo šio pikselio  $x, -x, y$  ir  $-y$  kryptimis vieno pikselio atstumu yra tikrinamos naujai apskaičiuotų pikselių spalvos RGB spalvų modulyje. Šis veiksmas atliekamas, kol  $n$ -ojo pikselio spalva nesutampa su  $1$ -ojo pikselio spalva. Taip surandami objekto kontūro pradžios pikseliai (jų  $x$  ir  $y$  koordinatės) ieškomomis kryptimis. Iš nustatytų  $x$  reikšmių apskaičiuojamas  $x$  krypties linijos vidurys. Analogiški veiksmai atliekami su  $y$  reikšmėmis.

Nuo apskaičiuotų  $x$  ir  $y$  linijų vidurio taškų vėl  $x, -x, y$  ir  $-y$  kryptimis vieno pikselio atstumu yra tikrinamos naujai apskaičiuotų pikselių spalvos RGB spalvų modulyje. Šis veiksmas atliekamas, kol  $n$ -ojo pikselio spalva nesutampa su  $1$ -ojo pikselio spalva – taip surandami objekto kontūro pradžios pikseliai ieškomomis kryptimis. Iš nustatytų  $x$  reikšmių apskaičiuojamas  $x$  krypties linijos vidurys, o iš nustatytų  $y$  reikšmių apskaičiuojamas  $y$  krypties linijos vidurys, t. y. apskaičiuojamos objekto centro koordinatės.

„Apskritimo statmenų“ metodu apskaičiuotą centro koordinatę galima patikslinti „apskritimo vektoriniu“ skaičiavimo metodu. Aštuntame paveiksle pavaizduotas pastarojo centro koordinatinių skaičiavimo metodo eiliškumas. Nustatinėjant centro koordinates šiuo būdu galima „užsibrėžti“ norimą tikslumą, tai yra galima pasirinkti brėžiamų menamų spindulių skaičių apskritime.

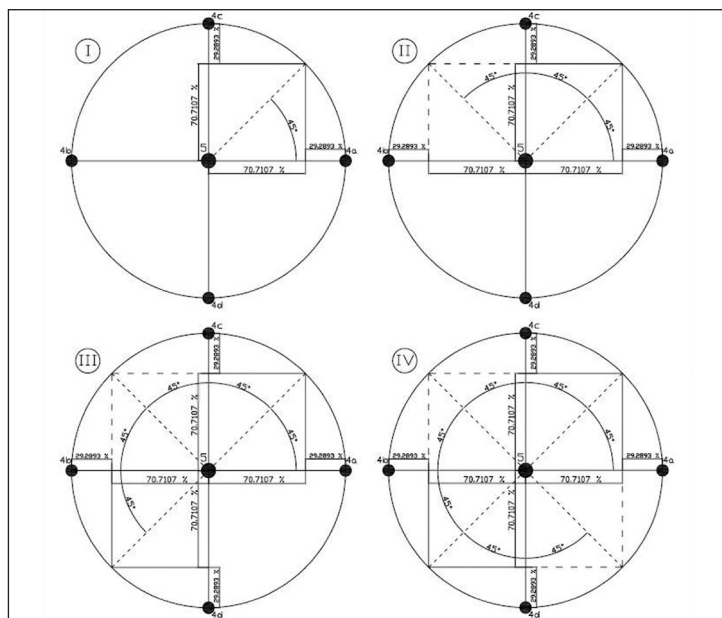
Sutartinių ženklų centro koordinatinių apskaičiavimas „apskritimo vektoriniu“ metodu:

- Pasirenkamas centro koordinatės apskaičiavimo tikslumas (galima pasirinkti intervalą sekundės tikslumu).
- Centro koordinatė apskaičiuojama „apskritimo statmenų“ metodu.
- Nuo šios apskaičiuotos koordinatės pagal pasirinktą tikslumą yra brėžiamos menamos tiesės keturiomis ( $x, -x, y$  ir  $-y$ ) kryptimis.

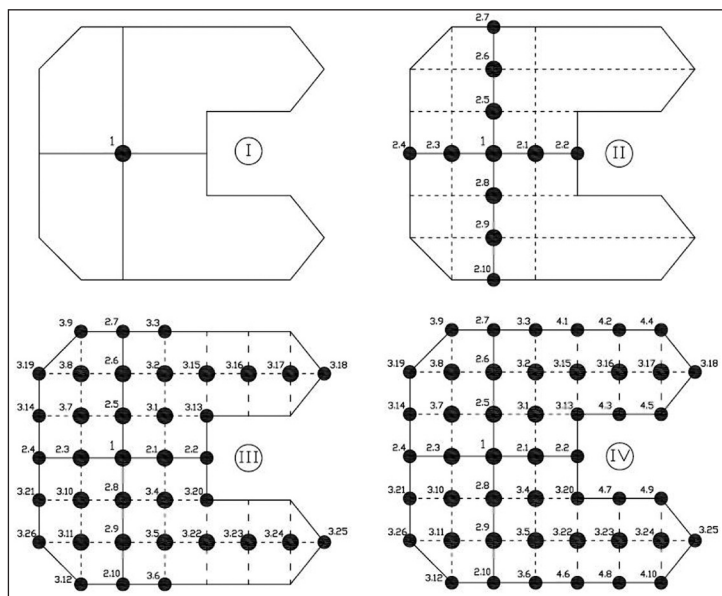


7 pav. Centro koordinatinių suradimas „apskritimo statmenų“ būdu  
Fig. 7. A scheme of finding center coordinates in “circle’s verticals” manner

4. Pagal procentines išraiškas nustatytoji pikselio spalva yra lyginama su objekto kontūro ir jo vidaus spalvomis. Jeigu spalva sutampa su objekto vidaus spalva, reikšmės pridėdamos (atitinkamai santykiu prieš tai buvusioms reikšmėms) prie gautųjų reikšmių. Veiksmas kartojamas, kol apskaičiuoto  $n$ -ojo pikselio spalva sutampa su objekto kontūro spalva. Jei spalva sutampa su objekto kontūro spalva, reikšmės atimamos (atitinkamai santykiu prieš tai buvusioms reikšmėms) iš gautųjų reikšmių. Veiksmas kartojamas, kol apskaičiuoto  $n$ -ojo pikselio spalva sutampa su objekto vidaus spalva. Objekto kontūro spalva lygi  $n-1$  pikselio spalvai;



8 pav. Centro koordinatų suradimas „apskritimo vektoriniu“ būdu ( $45^\circ$  intervalu)  
Fig. 8. A scheme of finding center coordinates in “circle’s vectors” manner



9 pav. Centro koordinatų suradimas „kitos objektų formos“ būdu  
Fig. 9. A scheme of finding center coordinates in “other objects’ shape” manner

5. Iš nustatytų  $x$  ir  $y$  koordinatų porų apskaičiuojamos objekto (sutartinio ženklų) centro koordinatės.

Sutartinių ženklų centro koordinatų apskaičiavimas „kitos objektų formos“ metodu (9 pav.):

1. Pasirenkamas taškas objekte, nustatoma jo spalva (RGB spalvų modulyje).

2. Keturiomis kryptimis kas vieną pikselį išimamos koordinatų poros, kurios yra tikrinamos (ar jų spalva sutampa su pirmojo pikselio spalva). Veiksmas vyksta, kol  $n$ -ojo pikselio spalva nesutampa su 1-ojo pikselio spalva.

3. Nuo išimintų koordinatų keturiomis kryptimis kas vieną pikselį (praleidžiant jau išimtas koordinatas) išimamos naujos koordinatų poros. Tikrinama, ar jų spalva sutampa su pirmojo pikselio spalva, veiksmas vyksta, kol  $n$ -ojo pikselio spalva nesutampa su 1-ojo pikselio spalva;

4. Trečiasis punktą kartojamas, kol nelieka nepanaudotų objektą sudarančių pikselių.

5. Iš nustatytų objekto kontūro koordinatų porų apskaičiuojamos objekto centro koordinatės.

Aprašyti sutartinių ženklų centro koordinatų apskaičiavimo metodai tinka tik tada, kai sutartinį ženklą dengia viena spalva, tačiau dėl nekokybiško spausdinimo gali atsirasti spalvos anomalijų (pavyzdžiui, raudoname puansono fone gali atsirasti juodų taškų). Tokiu atveju nustatinėjamas miesto sutartinio ženklų kontūras įgautų netaisyklingą formą, būtų apskaičiuojamos neteisingos sutartinio ženklų centro koordinatės. Siekiant to išvengti programoje galima rankiniu būdu įvesti sutartinio ženklų kontūro spalvą (RGB spalvų modulyje).

Šis sprendimas leido išvengti sutartinių ženklų centro koordinatų apskaičiavimo klaidų, susijusių su jų sudarančių pikselių nevienoda spalva. Šiuo atveju pikselių spalvos tikrinamos ne su pirmojo pikselio spalva, o su nustatyta objekto kontūro spalva.

## SUTARTINIŲ ŽENKLŲ PADĖJIMO TIKSLUMĄ VERTINANČIOS AUTOMATIZUOTOS METODIKOS APROBĀVIMAS

Metodologijos automatizavimas (programos „KartoMat“ sukūrimas) suteikia vartotojui galimybę tiksliai ir efektyviai laiko sąnaudų atžvilgiu įvertinti sutartinių ženklų padėjimo tikslumą teminiuose žemėlapiuose. Metodikos efektyvumui įvertinti buvo nustatytas trijų teminių žemėlapių („Lietuvos valstybinės reikšmės automobilių keliai ir geležinkeliai“  $M 1 : 300\,000$ , „Lietuvos Respublikos administracinis suskirstymas“  $M 1 : 400\,000$ , „Lietuva. Administracinis žemėlapis“  $M 1 : 1\,400\,000$ ) koordinuotų sutartinių ženklų (puansonų) padėjimo tikslumas.



Koordinuotų sutartinių ženklų padėjimo tikslumą prasingiausia tirti stambesnio mastelio teminiuose žemėlapiuose, nes tokiuose žemėlapiuose tiriamo sutartinio ženklo padėjimo klaidos yra reikšmingesnės ir vizualiai labiau pastebimos. Pavyzdžiui, jei padaryta 25 m sutartinio ženklo padėjimo klaida, tai žemėlapyje M 1 : 2 000 000 tai sudarys 0,013 mm, tačiau jei žemėlapijo mastelis 1 : 300 000, klaida sudaro 0,08 mm, ir tai jau menkina spaudos kokybę.

Žemėlapyje „Lietuvos valstybinės reikšmės automobilių keliai ir geležinkeliai“ pasirinkti sutartiniai ženklai (puansonai) analizuoti „Adobe Illustrator CS2“, „Autodesk AutoCAD“ ir „KartoMat“ programomis. Kituose žemėlapiuose pasirinktų sutartinių ženklų centro koordinatės nustatinėtos tik vienu būdu, t. y. įvertinus visų metodų efektyvumą panaudotas tik tas metodas, kurio apskaičiavimo paklaidos mažiausios.

Žemėlapijo „Lietuvos valstybinės reikšmės automobilių keliai ir geležinkeliai“ tyrimo rezultatai, gauti naudojantis „Adobe Illustrator CS2“ ir „Autodesk AutoCAD“ programomis, yra panašūs. Užfiksuotas maksimalus pastarųjų programų koordinatinių nuokrypių žemėlapyje siekė apie 3 mm (sutartinių ženklų centro koordinatės nustatinėtos vizualiai). Tokie nuokrypiai buvo užfiksuoti sutartinių ženklų, žyminčių Tauragės ir Jurbarko miestus. Visų tirtų miestų (54 sutartiniai ženklai) koordinatinių nuokrypių (minėtose programose) svyravimo diapazonas siekė nuo 0,05 iki 2,88 mm. „KartoMat“ programa nustatyti koordinatinių nuokrypių gerokai mažesni. Tirtų sutartinių ženklų koordinatinių nuokrypių minimali reikšmė siekia 0,018 mm, o maksimali – 0,233. Maksimalios reikšmės užfiksuotos Prienų, Pakruojo, Šilalės ir Klaipėdos miestus žyminčiuose ženkluose, o minimalios – Trakų, Alytaus ir Molėtų. Tirtų sutartinių ženklų koordinatinių bendra minimali nuokrypių tendencija buvo fiksuota „KartoMat“ kompiuterine programa (tyrimą atliekant „kitos objektų formos“ būdu). Nors kitais būdais gauti sutartinių ženklų centro koordinatinių nuokrypių yra didesni, tačiau ir šios apskaičiuotos reikšmės žemėlapijo tikslumo kokybei įtakos neturi.

Žemėlapiuose „Lietuva. Administracinis žemėlapis“ ir „Lietuvos respublikos administracinis suskirstymas“ pastebėti ne tik didesni sutartinių ženklų padėjimo nuokrypiai, bet ir tendencingi sutartinių ženklų centro koordinatinių nuokrypių žemėlapių atžvilgiu. Maksimalūs sutartinių ženklų centro koordinatinių nuokrypių nuo tikrųjų jų koordinatinių abiejuose žemėlapiuose nustatyti Varėnoje (1,254 ir 0,112 mm), o minimalūs – Trakuose (0,172 ir 0,016 mm).

Gauti tyrimo rezultatai leidžia teigti, kad metodikos automatizavimo kokybė tenkina užsibrėžtus tikslumo reikalavimus.

## IŠVADOS

1. Kompiuterinė programa „KartoMat“ maksimaliai automatizuoja sukurtą tikslumą vertinančią metodiką, nes apima visus pagrindinius matavimų ir skaičiavimų procesus. Neautomatizuoti liko tik nuskaitymo ir nuskaityto vaizdo skaidymo procesai.

2. Automatinis sutartinių ženklų centro koordinatinių nustatymo metodas yra daug tikslesnis už vizualų, nes centro koordinatės nustatytos vidutiniškai 0,127 mm tikslumu, t. y. apie 6 kartus tiksliau už vizualiai nustatinėtas sutartinių ženklų centro koordinates.

3. Sukurtoje kompiuterinėje programoje „kitos objektų formos“ yra tiksliausias sutartinių ženklų centro koordinatinių nustatymo metodas. Sutartinių ženklų centro koordinatės nustatytos vidutiniškai 0,074 mm tikslumu.

4. Automatizavus tikslumą vertinančią metodiką ženkliai sutaupoma laiko nustatinėjant sutartinių ženklų centro koordinates, pavyzdžiui, vidutiniškai vieno sutartinio ženklo centro koordinatėi žemėlapyje nustatyti užtrunkama 5 minutes, tuo tarpu automatizavus šį procesą 5 minučių gali užtekti nustatyti visoms koordinatėms.

5. Sukurta koordinuotų ženklų padėjimo tikslumo žemėlapyje metodika, jos automatizavimas yra pritaikytas teminių žemėlapių tikslumo korektiškumui įvertinti nepriklausomai nuo žemėlapijo mastelio ir žemėlapijo sudarymo būdo (rankinis vektorizavimas ar duomenų įkėlimas iš duomenų bazės).

6. Žemėlapijo „Lietuvos respublikos administracinis suskirstymas“ (M 1 : 400 000) sutartinių ženklų padėjimo tikslumo nuokrypiai buvo didžiausi, lyginant juos su kitais analizuotais žemėlapijais, tačiau tai neturėjo įtakos bendrai žemėlapijo kokybei.

7. Žemėlapių „Lietuva. Administracinis žemėlapis“ (M 1 : 1 400 000) ir „Lietuvos respublikos administracinis suskirstymas“ (M 1 : 400 000) tikslumo svyravimo kreivės labai panašios, todėl galima teigti, kad abiem žemėlapijams panaudotas tas pats pagrindas.

Gauta 2009 05 30  
Parengta 2009 06 16

## Literatūra

1. Bautrėnas A. 1999. Grafines informacijos įvedimo tikslumo įvertinimas. *Lietuvos teminė kartografija atkūrus valstybingumą*. Straipsnių rinkinys. Vilnius. 123–129.
2. Bautrėnas A. 2002. *Kartografinio vaizdo optimizavimas teminėje kartografijoje (kompiuterinių programų pagrindu)*. Daktaro disertacija. Vilnius: VU. 242 p.
3. Bautrėnas A., Konstantinova J., Pileckas M. 2006. Skenuotų žemėlapių vaizdo kokybės vertinimas ir gerinimo būdai Adobe Photoshop programa. *Geodezija ir kartografija*. XXXII(1): IIa–IIIh.
4. Chomskis V. 1979. *Kartografija*. Vilnius: Mokslas. 336 p.
5. Dumbliauskienė M. 2002. *Kartografinės komunikacijos pagrindai*. Vilnius. 88 p.
6. Konstantinova J. 2004. *Skenuotų žemėlapių vaizdo kokybės vertinimo ir transformavimo galimybių analizė (programa „PhotoShop“)*. Magistro baigiamasis darbas. Vilnius: VU. 45 p.
7. Lenkevičius A., Matickas J. 2004. *Kompiuterinė grafika*. Kaunas: Technologija. 248 p.
8. Ostreika A. 2003. *Programavimo „Visual Basic“ pagrindai*. Kaunas: Technologija. 253 p.

9. Paršeliūnas E. 2001. *Geoinformacinės sistemos: technologija*. Vilnius: Technika. 229 p.
10. Ražinskas A., Zakarevičius A. ir kt. 1979. *Taikomoji geodezija*. Vilnius: Mokslas. 326 p.
11. Sokas A. 2005. *Programavimas VBA kalba*. Vilnius: Technika. 52 p.
12. Zakarevičius A. 1996. *Lietuvos geodezinių tinklų koordinacinių sistemų ir jų ryšiai*. Vilnius: Technika. 384 p.
13. Zakarevičius A. 2000. *Koordinacinių sistema LKS94*. Vilnius: Technika.
14. Zakarevičius A., Putrimas R. 1995. *Ryšiai tarp geodezinių tinklų koordinacinių sistemų*. Vilnius: Technika. 36 p.

Artūras Baurėnas, Artūras Kmeliauskas

#### THE METHODOLOGY OF ESTIMATING THE ACCURACY OF THEMATIC MAPS

##### Summary

The quality of cartographical production is determined by a lot of factors, one of those most important being the accuracy of information, which is closely connected with the accuracy of a map. Mistakes in accuracy debase the value of a map.

The accuracy of printed thematic maps is determined by several factors such as printing quality, the scale of a map (it is possible that in detailed-scale maps small mistakes in the layout of arbitrary signs

will not be noticed), cartographer's work (human factor), etc. There are just a few publications on this theme, so the topics of this work are particularly actual for the further development of thematic cartography in Lithuania.

The aim of the work was to elaborate and automate the loading of the accuracy estimation methodology of arbitrary signs of thematic maps and to study the loading accuracy of arbitrary signs in several maps.

The goal was reached by four stages:

1. Analysis of theoretical assumptions.
2. Elaboration of the accuracy estimation methodology and its preceptual scheme.
3. A set of the KartoMat computer programs for automation of the accuracy estimation methodology was created and described.
4. To estimate the effectiveness of the automation methodology, analysis of a concerted arbitrary sign loading was accomplished for three thematic maps.

The average deflection range in the centre coordinate of arbitrary signs (in the LKS 94 coordinate system) was 40 m, and it is an acceptable accuracy for thematic maps according to specifications. We can conclude that the set of KartoMat computer programs for automating the accuracy estimation methodology is rather effective as it makes the research of thematic maps much easier and provides a proper accuracy.

**Key words:** accuracy, automatization, map, coordinates, programming