



**VILNIAUS UNIVERSITETAS**  
*GAMTOS MOKSLŲ FAKULTETAS*  
Kartografijos centras

Artūras Kmeliauskas

**TEMINIŲ ŽEMĖLAPIŲ TIKSLUMO VERTINIMO METODIKOS  
AUTOMATIZAVIMAS**

THE AUTOMATION OF ACCURACY ESTIMATION METHODOLOGY OF THEMATIC MAPS

Baigiamasis magistro darbas

Studijų programa – Kartografija

Vadovas: dr. A. Baurėnas

Vilnius, 2007

Baigiamasis magistro darbas  
Pavadinimas: **Teminių žemėlapių  
tikslumo vertinimo metodikos  
automatizavimas**

Autorius: Artūras Kmeliauskas

Kalba  
 X lietuvių  
 užsienio

**Santrauka:**

Kartografinės produkcijos kokybę lemia gausybė veiksnių, tačiau vienas svarbiausių – tai informacijos korektiškumas, kuris glaudžiai susijęs su žemėlapiu tikslumu. Tikslumo klaidos menkina žemėlapių vertę.

Spausdintų teminių žemėlapių tikslumą nulemia keletas faktorių: spausdinimo kokybė, žemėlapių mastelis (tikėtina, kad smulkesnio mastelio žemėlapiuose nežymios sutartinių ženklų padėjimo klaidos bus nepastebimos), kartografo darbas (žmogiškasis faktorius), ir t.t. Teminių žemėlapių tikslumo vertinimo tyrinėjimai Lietuvoje plačiai neanalizuoti. Šia tematika išleista tik keletas publikacijų, todėl šiame darbe nagrinėjami klausimai yra ypatingai aktualūs tolimesniam teminės kartografijos vystymui Lietuvoje.

Magistrinio darbo „Teminių žemėlapių tikslumo vertinimo metodikos automatizavimas“ tikslas – sukurti ir automatizuoti teminių žemėlapių sutartinių ženklų įkėlimo tikslumo vertinimo metodiką, bei iširti keleto žemėlapių sutartinių ženklų įkėlimo tikslumą.

Užsibrėžtas darbo tikslas pasiektas keturiais etapais:

1. Atlikta teorinių prielaidų analizė;
2. Sukurta tikslumo vertinimo metodika ir jos principinė schema;
3. Sukurtas ir aprašytas tikslumo vertinimo metodikos automatizavimui skirtų kompiuterinių programų junginys „KartoMat“;
4. Automatizuotos metodikos efektyvumo įvertinimui atlikta trijų teminių žemėlapių sutartinių koordinuotų ženklų įkėlimo tikslumo analizė.

Tyrimo metu nustatyta, vidutinis sutartinių ženklų centro koordinatų nuokrypio diapazonas (LKS94 koordinatų sistemoje) siekė 40.0 m., o tai neviršija teminiams žemėlapiams keliamų tikslumo reikalavimų. Galima teigti, kad tikslumo vertinimo metodikos automatizavimui skirtų kompiuterinių programų junginys „KartoMat“ yra pakankamai efektyvus, t.y. ženkliai pagreitina bei palengvina teminių žemėlapių tyrimą ir užtikrina reikiamą tikslumą.

**Summary:**

The quality of cartographical production determine lot of factors, but one of most important – correctness of information, which is closely connected with accuracy of map. The mistakes of accuracy debase the value of map.

Accuracy of printed thematical maps is determined by few factors: printing quality, scale of map (most possible, that in detailed scale maps small mistakes in layout of arbitrary signs will not be noticed), work of cartographer (human factor) and etc. The research of accuracy estimation in thematical maps was not widely analysed in Lithuania. There are just few publications in this theme, so topics in this work are particularly actual for further development of thematical cartography in Lithuania.

The goal of work “The automation of accuracy estimation methodology of thematical maps” – to create and to automate the loading of arbitrary signs accuracy estimation methodology of thematical maps, and research the accuracy of arbitrary signs loading in several maps.

The goal was reached by four stages:

1. By analysis of theoretical assumption;

2. The accuracy estimation methodology and its precept scheme was created;
3. The combination of computer programs "KartoMat" for automation of accuracy estimation methodology was created and described;
4. To estimate the effectiveness of automation methodology the analysis of concerted arbitrary signs loading was accomplished three thematical maps.

In research results average deflection range in centre coordinate of arbitrary signs (in LKS 94 coordinate system) was 40m, and it is acceptable accuracy for thematical maps according specifications. We can make statement, that set of computer programs "KartoMat" for automation of accuracy estimation methodology is enough effective- it makes the research of thematical maps much easier and provides proper accuracy.

#### **Reikšminiai žodžiai:**

Tikslumas, automatizavimas, žemėlapis, koordinatės, programavimas

#### **Keywords:**

Accuracy, automation, map, coordinate, programming

## TURINYS

ĮVADAS .....	5
1. TYRIMO TEORINĖS PRIELAIIDOS .....	7
1.1. Sutartiniai ženklai žemėlapiuose .....	7
1.2. Geometrinis žemėlapio tikslumas .....	8
1.3. LKS94 ir WGS84 koordinatinių sistemų .....	9
1.4. Visual Basic - programavimo kalba .....	10
2. SUTARTINIŲ ŽENKLŲ ĮKĖLIMO TIKSLUMO VERTINIMO METODIKA .....	13
3. SUTARTINIŲ ŽENKLŲ ĮKĖLIMO TIKSLUMO VERTINIMO METODIKOS AUTOMATIZAVIMAS .....	21
3.1. Reikalavimai kuriamai programai .....	21
3.2. Programavimas .....	22
4. AUTOMATIZUOTOS SUTARTINIŲ ŽENKLŲ ĮKĖLIMO TIKSLUMO VERTINIMO METODIKOS APROBĀVIMAS .....	37
IŠVADOS .....	40
LITERATŪRA .....	41
PRIEDAI .....	42

## ĮVADAS

Šiuolaikinis žemėlapis yra milžiniškas informacijos kaupiklis. Jis plačiai naudojamas ir moksliniais, ir praktiniais tikslais. (Dumbliauskienė, 2002). Dažnai sulaukiama kritikos, jog kartografiniai kūriniai (dėl juose aptinkamų netikslumų) praranda savo vertę ir tampa eiliniaus darbais, kuriais bandoma patenkinti augančius vartotojų poreikius.

Žemėlapių kokybę lemia gausybė veiksnių, tačiau vienas svarbiausių – tai informacijos tikslumas, kurio neatitikimas sumenkina žemėlapių vertę. Todėl ypač svarbu, kad pasirinktas žemėlapis atitiktų jam keliamus tikslumo reikalavimus. Tokie netikslumai gali atsirasti ne vien dėl kartografų kaltės, bet ir dėl spaudos kokybės, todėl svarbu įvertinti spausdintų teminių žemėlapių tikslumą ir nustatyti klaidų šaltinį.

Šiame darbe mėginama įvertinti atspausdintų teminių žemėlapių tikslumą analizuojant miestų sutartinių ženklų (puansonų) įkėlimo tikslumą į pasirinktus teminius žemėlapius. Nustatinėti popieriniame žemėlapyje sutartinių ženklų įkėlimo tikslumą tai – darbas, kuris reikalauja itin didelio kruopštumo, bei didelių laiko sąnaudų, todėl šio proceso automatizavimui buvo sukurta tikslumo vertinimo metodika ir kompiuterinė programa skirta tyrimo automatizavimui.

Darbo uždaviniai:

- Išanalizuoti su darbo tematika susijusią literatūrą;
- Sukurti sutartinių ženklų įkėlimo tikslumo vertinimo metodiką;
- Įvertinti sukurtos metodikos automatizavimo galimybes;
- Sukurti kompiuterinę programą skirtą tikslumo vertinimui;
- Atlikti pasirinktų žemėlapių analizę ir įvertinti sutartinių ženklų įkėlimo tikslumą;
- Atlikti gautų rezultatų analizę ir įvertinti sukurtos metodikos patikimumą.

Pastarųjų uždavinių įgyvendinimas suformuoja tikslą – sukurti ir automatizuoti teminių žemėlapių sutartinių ženklų įkėlimo tikslumo vertinimo metodiką, bei iširti keleto teminių

žemėlapių sutartinių ženklų įkėlimo tikslumą.

Šio darbo turinį sudaro keturios numeruojamos dalys. Pirmajame skyriuje aptariami darbo temos teoriniai aspektai, jį sudaro penki poskyriai. Antrajame skyriuje supažindinama su sutartinių ženklų įkėlimo tikslumo vertinimo metodika, pateikiama tikslumo vertinimo principinė schema. Trečiajame skyriuje aprašomos šio darbo autoriaus sukurtos kompiuterinės programos, skirtos sutartinių ženklų įkėlimo tikslumo vertinimo metodikos automatizavimui. Ketvirtajame skyriuje pateiktas sukurtos metodikos automatizavimo efektyvumo vertinimas atliktas lyginat tarpusavyje to paties žemėlapio („*Lietuvos valstybinės reikšmės automobilių keliai ir geležinkeliai*“) transformavimo, atlikto trimis skirtingais būdais, rezultatus. Tyrimo rezultatai pateikiami grafine-skaitmenine forma, kas ženkliai palengvina jų suvokimą.

Autorius nuoširdžiai dėkoja darbo vadovui dr. A. Bautrėnui už pateiktas vertingas pastabas ir pasiūlymus rašant šį darbą, bei kuriant kompiuterines programas. Doc. dr. G. Beconytei už pagalbą renkant tiriamų vietovių duomenis, bei doc. dr. A. Pilipaičiui už pateiktas vertingas pastabas seminario metu.

# 1. TYRIMO TEORINĖS PRIELAIDOS

## 1.1. Sutartiniai ženklai žemėlapiuose

Žemėlapių kūrimo istorija turi senas ištakingas. Jau pirmą kartą visuomenėje sukurtus raizinius (petroglifus) akmenyje galima vadinti šiuolaikinių žemėlapių pirmtakais. Šiuos petroglifus negalime tiesiogiai tapatinti su šių dienų žemėlapiais, tačiau jų prasmė buvo ta pati t.y., ženklų ir simbolių pagalba perduoti informaciją kitiems žmonėms.

Žemėlapis - sumažintas ir apibendrintas Žemės paviršiaus objektų bei gamtinių arba socialinių-ekonominių reiškinių vaizdas plokštumoje, išreikštas matematine projekcija, nustatytu masteliu, sutartiniais ženklais (Geodezijos ir kartografijos įstatymas, 2001). Šis apibrėžimas nusako žemėlapių sąvoką, tačiau neapibrėžia jo, kaip informacijos perdavimo priemonės svarbos. Kalboje informacija adresatui perduodama atskirais garsais, jų deriniais, kurių junginiai sudaro žodžius ir sakinius. Sudarant žemėlapių visa norima informacija perteikiama per ženklo-simbolio spalvą, formą, dydį ir padėtį kitų ženklų atžvilgiu.

Šiuolaikiniame technologijų amžiuje pirkti, parduoti ar perduoti informaciją tampa viena iš pagrindinių verslo sričių. Teigiama, kad pasaulį valdo tas, kas valdo informaciją. Reikiama informacija visuomenei perduodama įvairiais komunikaciniais kanalais, kurių šiais laikais yra pakankamai didelė įvairovė: televizija, kinas, internetas, radijas, spauda ir t.t.

Teminiai žemėlapiai – vienas iš daugelio informacijos perdavimo būdų, kuriuose informacija užkoduojama tam tikrais specifiniais ženklais ar simboliais, t.y. sutartiniais ženklais (ženklų sistemomis).

Ženklų sistemų įvairovė labai plati ir priklauso nuo žemėlapių tematikos, turimos kartografuojamos informacijos detalumo, pasirinkto kartografavimo metodo, žemėlapių mastelio ir daugelio kitų aspektų, bet visus ženklus galima skirstyti į 2 dideles grupes:

a) Ženklai, kurių padėtis žemėlapyje nėra griežtai koordinuota (tai ženklai nusakantys arealą, pavyzdžiui, konkrečiame areale vyraujančių augmenijos tipų);

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

Be geometrinės informacijos šie ženklai turi ir semantinius kriterijus (gyvenvietės tipą ar gyventojų skaičių), kurie perteikiami per ženklo dydį, formą ar vidinę struktūrą.

Šiuolaikinėje kartografijoje gyvenvietes simbolizuojantys ženklai dažniausiai vaizduojami geometrinėmis figūromis (apskritimais, kvadratais ir t.t.), kurių geometrinis centras turi atitikti realias simbolizuojamo objekto koordinatas, todėl pagal šių ženklų padėtį atspausdintame teminiame žemėlapyje galima vertinti pasirinkto teminio žemėlapio tikslumą.

## 1.2. Geometrinis žemėlapio tikslumas

Teminiai žemėlapiai naudojami ne tik kaip gražūs paveikslukai skirti norimos informacijos perdavimui, bet ir kartometrinių uždavinių sprendimui. Pagrindiniai kartometriniai uždaviniai – tai objektų padėties (koordinačių) nustatymas, atstumų bei plotų matavimai. Matavimo rezultatų tikslumas priklauso nuo naudojamo žemėlapio tikslumo.

Geometrinis teminio žemėlapio tikslumas priklauso:

a) Nuo pradinės kartografinės medžiagos, kurios pagrindu kuriamas teminis žemėlapis, tikslumo.

b) Nuo spausdinimo tikslumo.

Pradinė kartografinė medžiaga – tai stambiųjų mastelių topografiniai planai sudaryti pagal tiesioginių matavimų duomenis. Šiuolaikinės technologijos (tikslūs prietaisai, GPS technologija) leidžia matuojamų objektų tarpusavio padėtį nustatyti 5 – 10 mm tikslumu. Toks tikslumas daugeliu atvejų nėra net reikalingas.

Braižymo tikslumas taip pat gerokai pagerėjo, nes šiuo metu praktiškai visi planai sudaromi naudojant skaitmenines technologijas, kurios garantuoja tarpinių duomenų apskaičiavimą ir išbraižymo tikslumą. Todėl pagrindiniai žemėlapių tikslumą nulemiantys faktoriai yra su spauda susiję aspektai.



Spaudos kokybė per pastaruosius dešimtmečius smarkiai išaugo. (Bautrėnas, 1999). Jei anksčiau linijinių kontūrų spausdinimo kokybės paklaida siekdavo ne mažiau kaip 0,36 mm, tai šiuo metu (priklausomai nuo spaudos metodo) leidžiami nukrypimai svyruoja nuo  $\pm 0,025$  mm iki  $\pm 0,06$  mm t.y., spaudos kokybė išaugo daugiau nei 10 kartų (Стефанов, 2002).

Atliekamų matavimų tikslumą taip pat įtakoja žmogaus fizinės savybės. Nustatyta, kad plane ar žemėlapyje mažiausias akimi pastebimas atstumas siekia 0,1 mm. (Zakarevičius ir kiti, 1979). Todėl geometrinį žemėlapio tikslumą galima apskaičiuoti pagal formules (Chomskis, 1979).

$$\boxed{\phantom{m_{gt} + m_{tšk} + m_{atsk}}} \quad (1)$$

čia  $m_{gt}$  – žemėlapio geometrinis tikslumas;  $m_{tšk}$  – taško fiksavimo tikslumas (vidut.  $\pm 0,04$  mm);  $m_{atsk}$  – taškų tarpusavio padėties nustatymo tikslumas ( $\pm 0,1$  mm).

$$\boxed{\phantom{m_{gt} + m_{tšk} + m_{atsk}}} \text{ mm} \quad (2)$$

Esant tokiam geometriniam tikslumui ( $\pm 0,11$  mm) tikrojo mastelio klaida žemėlapyje M 1: 30 000 siekia  $\pm 3,30$  m. Spausdinant popieriuje geometrinis tikslumas yra mažesnis ir kiekvienam žemėlapiui nustatyti galima tik atlikus papildomus matavimus.

### 1.3. LKS94 ir WGS84 koordinačių sistemos

**Pasaulinė geodezinė sistema** (World Geodetic System (WGS)). Ji susideda iš Sutartinės Žemės sistemos, Vidutinio Žemės elipsoido ir gravitacijos lauko, aprašyto harmonine eilute. Dydžiai yra tokie, kad geoido aukščių virš elipsoido suma lygi nuliui, t.y. kai kuriose vietose geoido paviršius yra aukščiau, o kai kuriose – žemiau elipsoido paviršiaus. Taip pasiekama, kad WGS elipsoido ir geoido tūriai yra lygūs. Šiuo metu naudojama 1984 m. WGS modifikacija (WGS84) (Paršeliūnas, 2001).

**Lietuvos koordinačių sistema (LKS94)**. Lietuvos Respublikos Vyriausybės 1994 metų rugsėjo 30 d. nutarimu Nr. 936 Lietuvoje įvesta nauja valstybinė geodezinių koordinačių sistema.

Šios koordinatinių sistemų sutrumpintas pavadinimas – LKS94. (Zakarevičius, 2000; Zakarevičius, Putrimas, 1995). LKS94 sistemą sudaro erdvinė koordinatinių sistema, normalusis gravitacijos laukas ir elipsoido parametrai bei plokštuminių koordinatinių sistema. LKS94 pagrindas yra ETRS89. ETRS89 koordinatės į Lietuvos teritoriją perduotos išlyginus specialų GPS tinklą EUREF.BAL92, kuris išmatuotas 1992 m. (Paršeliūnas, 2001).

Koordinatinių sistemų LKS94 elipsoidas ir jo orientavimas yra tokie patys kaip koordinatinių sistemų ETRS89. Todėl kai geodeziniam darbams atlikti taikoma koordinatinių sistema LKS94, Lietuvoje esančių geodezinio pagrindo taškų koordinatės priklauso vienisiai Europos koordinatinių sistemai ETRS89. (Zakarevičius, 2000; Zakarevičius, 1996).

LKS94 plokštuminių koordinatinių sistema sudaryta skersinėje cilindrinėje (lygiakampėje) Merkatoriaus kartografinėje projekcijoje. Jos savybės (Paršeliūnas, 2001):

1. Plotai plokštumoje gaunami mažai iškraipyti, kadangi vaizduojamas nedidelis elipsoido ruožas. Nulinių iškreipimų linija yra ašinis dienovidinis. Be galo mažų elementų iškreipimai yra vienodi visomis kryptimis.
2. Visa Lietuvos teritorija kartografuojama vienoje zonoje.
3. Matavimų vienetas yra tarptautinis metras.
4. Koordinatinių ašys patogiai orientuotos pagal pasaulio šalis.
5. Ašinis dienovidinis yra  $24^\circ$ . Jo projekcija yra abscisų ašis ir žymima  $x$ . Pusiaujo projekcija yra ordinačių ašis ir žymima  $y$ .
6. Koordinatinių pradžia yra ašinio dienovidinio ir pusiaujo sankirtos taškas. Ordinačių pradžia lygi 500000 m.
7. Projekcijos mastelis ties ašiniu dienovidiniu lygus 0,9998 ir pasiekia 1,0000 už 120 km nuo ašinio dienovidinio.

#### 1.4. Visual Basic – programavimo kalba

Šiuolaikinis asmeninis kompiuteris yra galinga elektroninė skaičiavimo mašina, galinti

sprešti įvairius sudėtingus uždavinius, padėti rengti įvairius dokumentus, tame tarpe ir įvairius žemėlapius. Šiuolaikinis asmeninis kompiuteris tapo vienu iš pagrindinių globalinės informacijos sistemos elementų. (Starkus, 2004).

Tačiau vien kompiuterio nepakanka norint įgyvendinti užsibrėžtus tikslus. Dar reikalingos įvairios kompiuterinės programos, be kurių kompiuteris taptų bereikšmiu geležies gabalu.

Kompiuterinė programa – tai komandų rinkinys, kurias turi atlikti kompiuteris, kad išspręstų konkretų uždavinį. Šiais laikais yra sukurta begalė įvairių programų skirtų skirtingų uždavinių sprendimui, bet dar ir dabar dažnai susiduriama su tuo, kad nepavyksta rasti kompiuterinių programų konkretaus uždavinio sprendimui. Todėl dažnai tenka kurti specialias kompiuterines programas. Atrodytų, kad tai labai sudėtingas ir ekonomiškai nepasiteisinantis metodas, bet taip nėra.

Dabar yra sukurta lengvai įsisavinimų ir nesudėtingų programavimo kalbų, kuriomis galima užprogramuoti, praktiškai, bet kokio sudėtingumo uždavinio sprendimo algoritmą. Viena iš tokių programavimo kalbų yra Visual Basic.

Visual Basic – tai lengvai įsisavinamas, našus ir vaizdus instrumentas taikomosioms programoms Windows operacinės sistemos aplinkoje kurti. (Šaltenis, 1997).

Pirmoji programavimo kalbos *BASIC* versija buvo skirta pradedantiesiems mokytis programuoti. Ją 1963 metais Dartmaunto (*Dartmount*) koledže sukūrė amerikiečiai Džonas Kemenis (*John Kemeny*) ir Tomas Kurtzas (*Thomas Kurtz*). (Starkus, 2000). Taigi, šios programavimo kalbos šaknys siekia dar tuos laikus, kai Lietuvoje apie personalinius kompiuterius niekas net ir nesvajėjo. (Ostreika, 2003).

1991 m. „Microsoft“ kompanija sukūrė *Visual Basic* (VB) programavimo kalbą, skirtą dirbti sistemos *Windows* aplinkoje ir naudoti jos išteklius. VB – tai jau objekcinio programavimo kalba. Pasikeitė programavimo aplinka – atsirado galimybės stebėti projekto vykdymą, projektuoti priedus. Dabar visas programos kodas paskirstytas į procedūras (paprogrames),

kurios redaguojamos ir išskviečiamos atskirai (Sokas, 2005).

Visual Basic kalba labai pamėgta pradedančiųjų programuotojų. Dažno studento kompiuteryje galima sutikti šį paketą įdiegtą mokymosi tikslais. Naudojant šį paketą yra parašyta daugybė įvairiausių programų. Be to, ši programavimo kalba yra populiariausių taikomųjų programų vidine programavimo kalba, todėl jos pagalba galima modifikuoti tokių programų kaip Corel Draw, Microsoft Office paketo programų: Word, Excel, Access ir kt. darbą, įvesti savo meniu punktus, parašyti sudėtingiausias makrokomandas. (Ostreika, 2003).

VBA pagalba galima sukurti galingas adaptuotas programas, susiejančias AutoCAD brėžinio objektus su kitomis taikomosiomis kompiuterinėmis programomis. Naudojant ActiveX Automation, galima automatiškai generuoti daugelį brėžinių iš AutoCAD brėžinių failo, sukurti žiniaraštį Excel programoje, formuoti diagramą, įdėti diagramą į Microsoft Word dokumentą ir persiųsti šį dokumentą elektroniniu paštu arba faksu. Ir visa tai galima atlikti vienoje programoje, kuri naudoja įvairių programų programinius objektus (Šulcas, 2003).

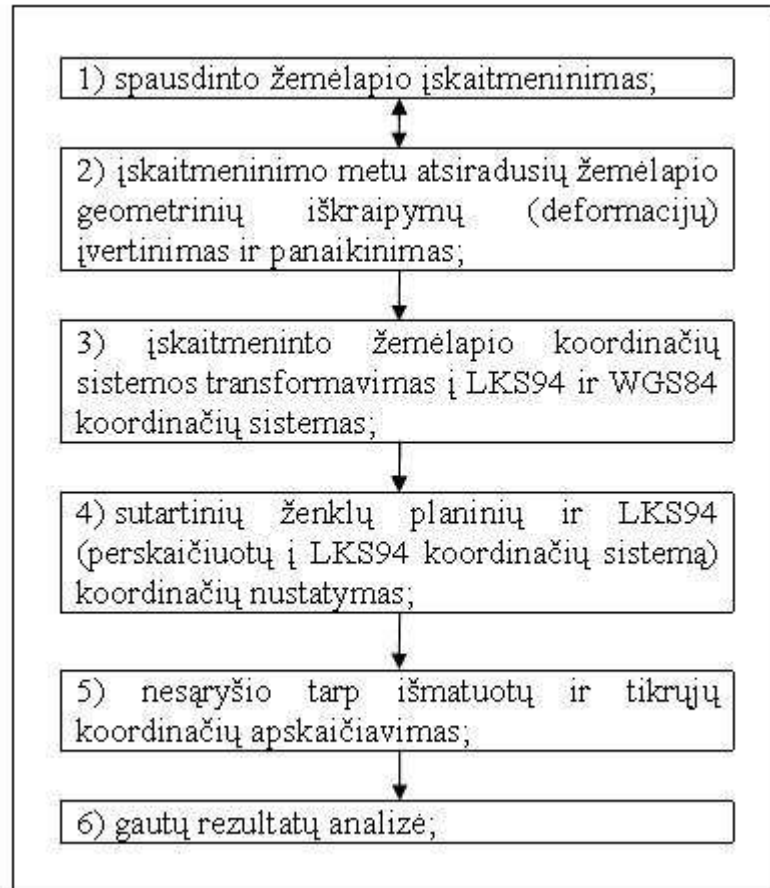
Pagal „Microsoft“ korporacijos duomenis daugiau nei 85% visų Visual Basic programų naudojamos darbui su lokaliomis duomenų bazėmis ir kliento ir (arba) tarnybinės stoties (serverio) bazėmis. Ir daugiau nei 50% vartotojo programų duomenų bazių Oracle parašytos Visual Basic kalba (Šulcas, 2003).

Esant dabartiniam kompiuterizacijos lygiui, programavimo kalbos žinojimas tampa kiekvieno specialisto darbo priemone ir neišvengiama būtinybe. (Šulcas, 2003).

Anksčiau išvardintų teorinių prielaidų sintezė t.y. žemėlapiu grafinio tikslumo vertinimas, sutartinių ženklų teorija, ryšys tarp Lietuvoje naudojamų koordinacių sistemų ir programavimo kalbos žinojimas leido sukurti tikslią vertinimo metodiką ir ją maksimaliai automatizuoti.

## 2. SUTARTINIŲ ŽENKLŲ ĮKĖLIMO TIKSLUMO VERTINIMO METODIKA

Principinė tikslumo vertinimo metodikos schema pateikta 1 paveiksle.



**1 pav.** Tikslumo vertinimo metodikos principinė schema

1) spausdinto žemėlapijo įskaitmeninimas. Spausdinti žemėlapiai dažniausiai įskaitmeninami dviem būdais: 1) digitalizuojant; 2) skenuojant. Pasirinktas pastarasis įskaitmeninimo būdas, nes jis yra žymiai greitesnis ir patogesnis nei digitalizavimas. (Bautrėnas, 2002; Bautrėnas, Konstantinova, 2006).

Sukurtos metodikos įvertinimui buvo pasirinktas žemėlapis „*Lietuvos valstybinės reikšmės automobilių keliai ir geležinkeliai*“ (M 1:300000). Skenavimas atliekamas A4 lapo formate, su „*Canon 3000*“ skeneriu 600 dpi skiriamąja geba. Tyrimo tikslumui tokios skiriamosios gebos pakanka, nes skenuojant didesne skiriamąja geba tikslumas išauga nežymiai, o nuskenuoto žemėlapijo apimtis padidėja ženkliai. (Konstantinova, 2004).

Kadangi pasirinkto žemėlapijo dydis 2378 x 1682 mm (2 A0 formato lapai) tai

įskaitmeninimas (skenavimas) atliktas dalimis.

2) įskaitmeninimo metu atsiradusių žemėlapių geometrinių iškraipymų (deformacijų) įvertinimas ir panaikinimas. Skenuojant žemėlapių dėl įvairių priežasčių atsiranda geometrinės deformacijos, t. y. skaitmeninio vaizdo iškraipymai. (Bautrėnas, 2002; Konstantinova, 2004).

Siekiant panaikinti geometrines deformacijas pirmiausia reikia įvertinti atsiradusių geometrinių iškraipymų dydį. Jis vertinamas matuojant atstumus tarp taškų, kurių koordinatės yra žinomos, gautus rezultatus (ilgius) lyginant su tikraisiais dydžiais. Tam geriausiai tinka žemėlapyje esantis koordinačių tinklas.

Geometrinių deformacijų dydžiai apskaičiuoti remiantis šiomis formulėmis:

$$\boxed{\phantom{D_x}} \quad (3)$$

$$\boxed{\phantom{D_y}} \quad (4)$$

$$\boxed{\phantom{D_x}} \quad (5)$$

$$\boxed{\phantom{D_x}} \quad (6)$$

$$\boxed{\phantom{D_x}} \quad (7)$$

$$\boxed{\phantom{D_x}} \quad (8)$$

čia  $X_1$  ir  $Y_1$  – pirmojo taško koordinatės;  $X_2$  ir  $Y_2$  – antrojo taško koordinatės;  $\alpha$  – pasukimo kampas;  $S_m$  – išmatuotas atstumas tarp žinomų taškų;  $D_x$ ,  $D_y$  – deformacijos dydis x ir y ašių kryptimis;  $S_T$  – teorinis atstumas;  $S_m$  – išmatuotas atstumas.

Jeigu deformacijos dydis neviršija užsibrėžto tikslumo (pvz. žemėlapių geometrinio tikslumo) tai skaičiuojami transformacijos koeficientai x ir y ašims. Šie transformacijos koeficientai skaičiuojami kiekvienam skenuotam vaizdai.

Transformacijos koeficientai x ir y ašims skaičiuoti remiantis šiomis formulėmis:

$$\boxed{\phantom{K_x}} \quad (9)$$

$$\boxed{\phantom{K_y}} \quad (10)$$

čia  $K_x$ ,  $K_y$  – deformacijos koeficientai x ir y ašims;  $S_T$  – teorinis atstumas;  $S_m$  – išmatuotas atstumas.

Tik pataisius visus skenuotus vaizdus juos galima apjungti į bendrą skaitmeninį vaizdą.

3) įskaitmeninto žemėlapių koordinačių sistemos transformavimas į LKS94 ir WGS84 koordinačių sistemas. Kol žemėlapis neįskaitmenintas (spausdintas) tol jame esantis koordinačių tinklas (pvz. LKS94 arba WGS84) siejamas su atitinkamais matavimo vienetais (pvz. metrai arba laipsniai), t. y. šio tinklo atžvilgiu galima nustatyti kiekvieno objekto padėtį naudojamoje koordinačių sistemoje.

Nuskenavus (įskaitmeninus) žemėlapi šis ryšys prarandamas, t. y. bet kokia panaudota koordinačių sistema tampa lapo koordinačių sistema, t. y. koordinačių tinklo pradžia tapatinama su apatiniu kairiu arba viršutiniu kairiu žemėlapių lapo kampu. Norint nustatyti sutartinių ženklų tikrąją padėtį reikia spaudos lapo stačiakampės koordinatės transformuoti į LKS94 koordinates, o pastarąsias į WGS84 elipsoidines koordinates, nes tik viename žemėlapyje („*Lietuvos valstybinės reikšmės automobilių keliai ir geležinkeliai*“) buvo įbrėžti abu koordinačių tinklai.

Spaudos lapo stačiakampės koordinatės į LKS94 koordinates transformuotos šiomis formulėmis (Lenkevičius A., Matickas J. 2004):

$$\boxed{\phantom{x}} \tag{11}$$

$$\boxed{\phantom{x}} \tag{12}$$

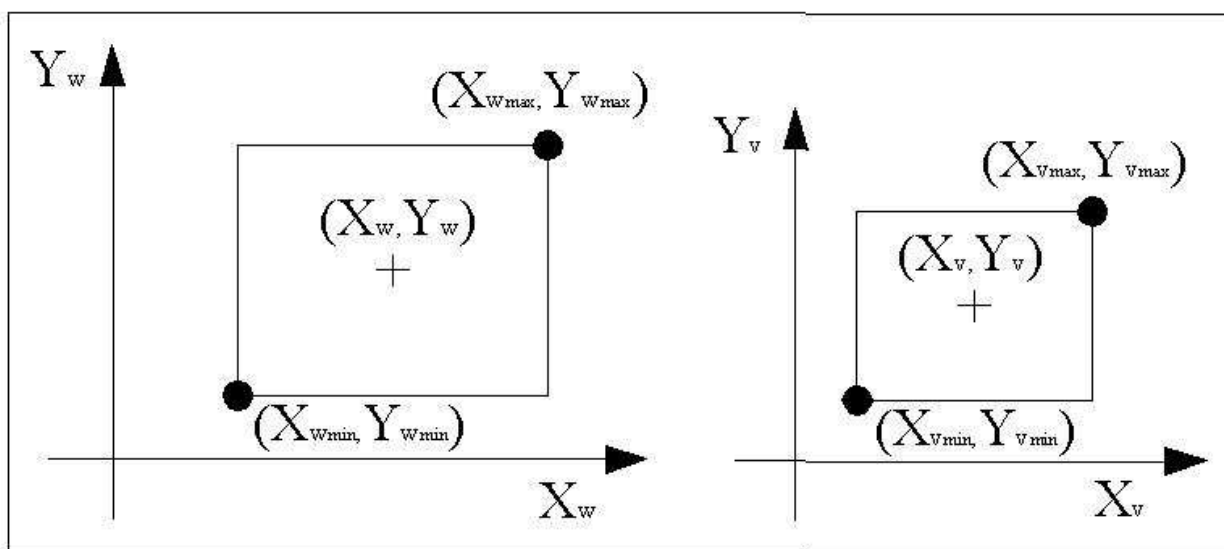
$$\boxed{\phantom{x}} \tag{13}$$

$$\boxed{\phantom{x}} \tag{14}$$

$$\boxed{\phantom{x}} \tag{15}$$

$$\boxed{\phantom{x}} \tag{16}$$

čia  $M_x$  ir  $M_y$  – mastelių koeficientai;  – LKS94 koordinatinių ribos taškų koordinatės;  – žemėlapijo lapo koordinatinių ribos taškų koordinatės;  – LKS94 koordinatinių reikšmės;  – žemėlapijo lapo koordinatinių reikšmės.



**2 pav.** Žemėlapijo lapo koordinatinių transformavimas į LKS94 koordinates. (Lenkevičius A., Matickas J. 2004)

Koordinatinių transformavimui iš LKS94 į WGS84 ir atvirkščiai panaudoti tokie algoritmai: 1) plokštuminių (LKS94) koordinatinių skaičiavimas pagal elipsoidines (WGS84) koordinates. Skaičiavimo formulės (Paršeliūnas, 2001):

$$\text{[Empty box]} \quad (17)$$

$$\text{[Empty box]} \quad (18)$$

$$\text{[Empty box]} \quad (19)$$

$$\text{[Empty box]} \quad (20)$$

čia:

$$\text{[Empty box]} \quad (21)$$

$$\text{[Empty box]} \quad (22)$$



[Redacted]

(23)

[Redacted]

(24)

[Redacted]

(25)

[Redacted]

(26)

[Redacted]

(27)

[Redacted]

(28)

[Redacted]

(29)

[Redacted]

(30)

[Redacted]

(31)

[Redacted]

(32)

[Redacted]

(33)

[Redacted]

(34)

[Redacted]

(35)

[Redacted]

(36)

[Redacted]

(37)

[Redacted]

(38)

[Redacted]

(39)

$$\boxed{\phantom{\text{[Empty box]}}} \quad (40)$$

čia a – didžioji elipsoido pusašė; b – mažoji elipsoido pusašė;  $\boxed{\phantom{\text{[Empty box]}}}$  – ašinis dienovidinis;  $\boxed{\phantom{\text{[Empty box]}}}$  – mastelis ties ašiniu dienovidiniu; f – elipsoido paplokštumas; B – geodezinė platuma; L – geodezinė ilguma; x ir y – plokštuminės koordinatės;  $e^2$  – antrasis elipsoido ekscentricitetas; c – ašigalių kreivumo spindulys.  $\boxed{\phantom{\text{[Empty box]}}}$ ,  $\boxed{\phantom{\text{[Empty box]}}}^2$ ,  $\boxed{\phantom{\text{[Empty box]}}}$ ,  $\boxed{\phantom{\text{[Empty box]}}}$ ,  $\boxed{\phantom{\text{[Empty box]}}}$  (Paršeliūnas, 2001);

2) elipsoidinių (WGS84) koordinatinių skaičiavimas pagal plokštumines (LKS94) koordinates. Skaičiavimo formulės (Paršeliūnas, 2001):

$$\boxed{\phantom{\text{[Empty box]}}} \quad (41)$$

$$\boxed{\phantom{\text{[Empty box]}}} \quad (42)$$

čia:

$$\boxed{\phantom{\text{[Empty box]}}} \quad (43)$$

$$\boxed{\phantom{\text{[Empty box]}}} \quad (44)$$

$$\boxed{\phantom{\text{[Empty box]}}} \quad (45)$$

$$\boxed{\phantom{\text{[Empty box]}}} \quad (46)$$

$$\boxed{\phantom{\text{[Empty box]}}} \quad (47)$$

$$\boxed{\phantom{\text{[Empty box]}}} \quad (48)$$

$$\boxed{\phantom{\text{[Empty box]}}} \quad (49)$$

$$\boxed{\phantom{\text{[Empty box]}}} \quad (50)$$

$$\boxed{\phantom{\text{[Empty box]}}} \quad (51)$$

$$\boxed{\phantom{\text{[Empty box]}}} \quad (52)$$

$$\square \quad (53)$$

$$\square \quad (54)$$

$$\square \quad (55)$$

$$\square \quad (56)$$

$$\square \quad (57)$$

$$\square \quad (58)$$

$$\square \quad (59)$$

čia  $\square$  – ašinis dienovidinis;  $\square$  – mastelis ties ašiniu dienovidiniu; B – geodezinė platuma; L – geodezinė ilguma; x ir y – plokštuminės koordinatės;  $e^2$  – antrasis elipsoido ekscentricitetas; c – ašigalių kreivumo spindulys.  $\square$ ,  $\square^2$ ,  $\square$ ,  $\square$ ,  $\square$  (Paršeliūnas, 2001).

4) sutartinių ženklų planinių ir LKS94 (perskaičiuotų į LKS94 koordinačių sistemą) koordinačių nustatymas. Siekiant netik nustatyti pasirinktų sutartinių ženklų planines įkėlimo koordinatas, bet ir įvertinti sukurtos metodikos tikslumą, viename žemėlapyje („Lietuvos valstybinės reikšmės automobilių keliai ir geležinkeliai“) kiekvieno pasirinkto sutartinio ženklo koordinatė buvo nustatinėjama dviem būdais:

1. Pirmiausia pasirinktų sutartinių ženklų koordinatės nustatytos lapo koordinačių sistemoje, naudojant „Adobe Illustrator CS2“ kompiuterinę programą. Koordinatės nustatytos 0.001 mm tikslumu žemėlapyje, vėliau jos transformuotos (naudojant 11 – 16 formules) į LKS94 koordinatas 0.0001 m tikslumu vietovėje;

2. Sutartinių ženklų koordinatės antruoju būdu nustatytos įkėlus žemėlapi į „AutoCAD 2006“ kompiuterinę programą. Šioje programoje programiškai susietos lapo koordinatės ir LKS94 koordinatės sistemos., t. y. vaizdas nustumtas į LKS94 koordinates. Todėl koordinatės iškarto nustatytos LKS94 koordinatės sistemoje (0.0001 m vietovėje tikslumu). (Bautrėnas, 2006).

Abiem atvejais sutartinių ženklų centro koordinatės nustatomos vizualiai.

5) nesąryšio tarp išmatuotų ir tikrųjų koordinatė apskaičiavimas. Nuokrypiai tarp išmatuotų koordinatė ir tikrųjų koordinatė apskaičiuoti pagal šias formules:

$$\boxed{\phantom{X_A - X_m}} \quad (60)$$

$$\boxed{\phantom{Y_A - Y_m}} \quad (61)$$

$$\boxed{\phantom{X_T - X_A}} \quad (62)$$

$$\boxed{\phantom{Y_T - Y_A}} \quad (63)$$

čia  $DX_A, DY_A$  – apskaičiuotas išmatuotų koordinatė ir tikrųjų koordinatė nuokrypis naudojant „Adobe Illustrator CS2“ programą;  $DX_m, DY_m$  - apskaičiuotas išmatuotų koordinatė ir tikrųjų koordinatė nuokrypis naudojant „AutoCAD 2006“ programą;  $X_T, Y_T$  – tikrosios miesto koordinatės;  $X_A, Y_A$  – apskaičiuotos miesto koordinatės „Adobe Illustrator CS2“ programoje;  $X_m, Y_m$  – nustatytos miesto koordinatės „AutoCAD 2006“ programoje;

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.

Kaip matyti iš sukurtos metodikos aprašymo tokia tikslumo analizė yra gana sudėtinga ir reikalaujanti gana didelių laiko sąnaudų. Akivaizdu, kad atliekant skaičiavimus nepavyktų išvengti klaidų. Tik maksimalus šios metodikos automatizavimas leistų pasirinkto žemėlapio tikslumą įvertinti greitai ir pakankamu tikslumu.

### 3. SUTARTINIŲ ŽENKLŲ ĮKĖLIMO TIKSLUMO VERTINIMO METODIKOS AUTOMATIZAVIMAS

Kaip minėta ankstesniame skyriuje, žemėlapių tikslumo įvertinimas yra ilgas ir didelio kruopštumo reikalaujantis darbas, todėl jį reikia maksimaliai automatizuoti. Reikia iškart pažymėti, kad pilnai visos tikslumo vertinimo metodologijos automatizuoti neįmanoma, nes tikslumo vertinimo kriterijų (objektų, atkarpu, plotų) parinkimas yra žmogaus, o ne programos prerogatyvoje. Tačiau atskiras metodikos dalis, ypač kai reikia daug skaičiuoti, automatizuoti įmanoma, t.y. sukurti kompiuterinę programą, kuri atliktų įvairių duomenų apskaičiavimus.

#### 3.1 Reikalavimai kuriamai programai

Automatizavimo procesą, t.y. kompiuterinės programos kūrimo įgyvendinimą charakterizuoja 3 paveikslas.



**3 pav.** *Automatizavimo (programavimo) proceso schema.*

Kuriama kompiuterinė programa turi maksimaliai apimti visus tikslumo vertinimo

metodikos etapus (žiūrėti 2 skyrių). Galima suformuluoti sekančius reikalavimus:

1. Automatinis skenuotų žemėlapių fragmentų įkėlimas;
2. Sąryšio tarp skenuoto vaizdo koordinačių ir naudojamų (LKS94 arba WGS84)

koordinačių nustatymas;

3. Kompleksinis žemėlapių geometrinių deformacijų vizualizavimas;
4. Geometrinių skenavimo deformacijų nustatymas ir panaikinimas;
5. LKS94 koordinačių tinklo braižymas;
6. Koordinačių perskaičiavimas iš WGS84 į LKS94 ir atvirkščiai;
7. Įkeltų žemėlapių fragmentų padėties keitimas koordinačių tinklo atžvilgiu;
8. Įkeltų žemėlapių fragmentų didinimas arba mažinimas;
9. Transformuotų (be geometrinių deformacijų) žemėlapių fragmentų išsaugojimas

fiksuojant koordinačių padėtį;

10. Automatinis sutartinių ženklų centro koordinačių nustatymas;
11. Atstumų apskaičiavimas tarp nurodytų dviejų objektų;
12. Visų teorinių ir esamų atstumų, plotų, perimetrų ir jų tarpusavio nesutapimų

(nuokrypių) apskaičiavimas;

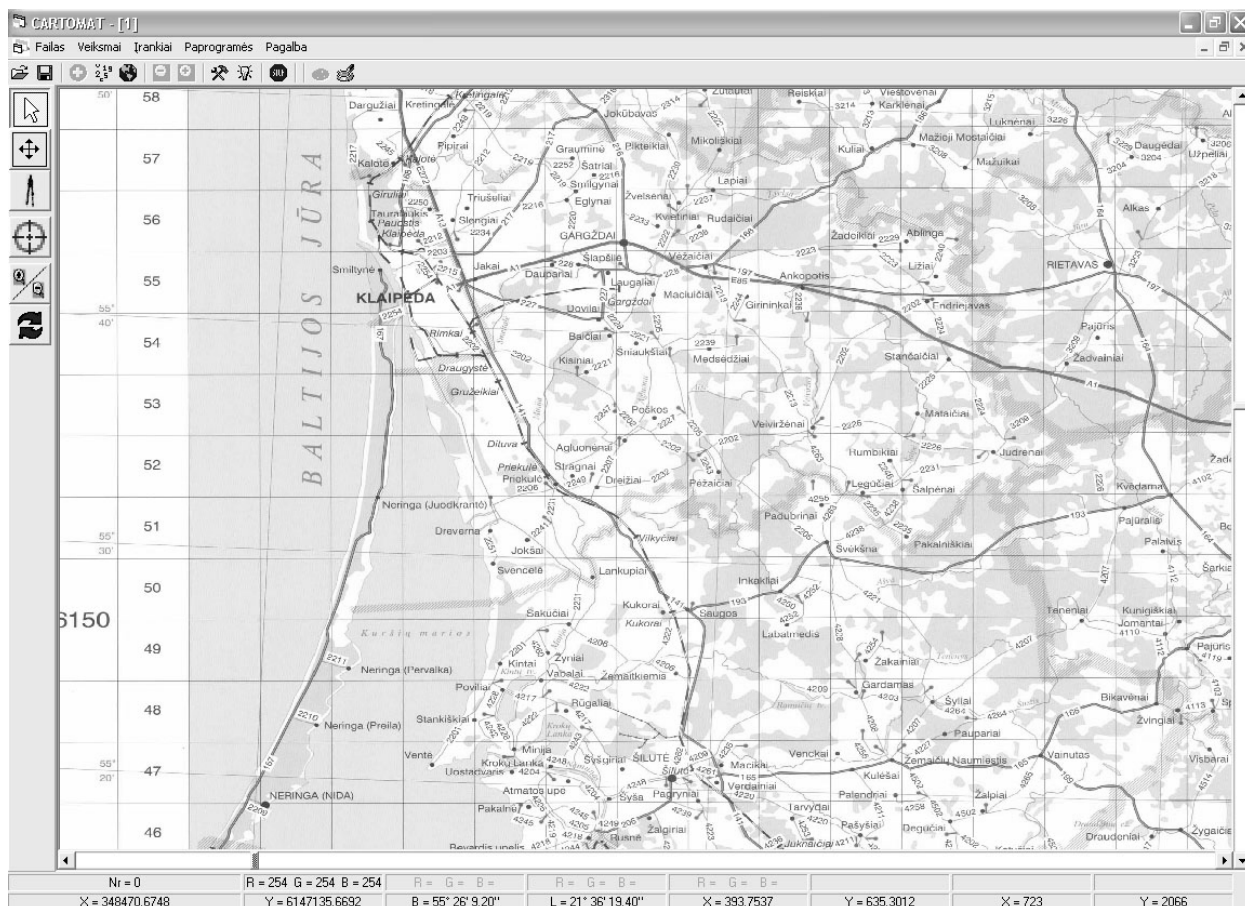
13. Tiesioginio matavimo duomenų (miesto centro koordinačių ir pavadinimų) ir suskaičiuotų rezultatų importavimas į duomenų bazę „Kmat“ ir suskaičiuotų rezultatų eksportavimas į „Microsoft Office Excel ...“ programą tolesniam apdorojimui (grafinis vizualizavimas);

14. Žemėlapių (programos lango permatomumas) vizualus sugretinimas;
15. Visų vartotojo pasirinktų transformacijos parametrų išsaugojimas.

### 3.2 Programavimas

Programavimui pasirinkta VB programavimo kalba dėl jos paprastumo ir struktūriškumo (žiūrėti 1.4 skyrių). Programuojant šia kalba nebūtina laikytis kokio nors

apibrėžto eiliškumo. Visi trys programos komponentai (algoritmas, kodas, sąsaja) buvo kuriami lygiaverčiai, t.y. kartais pradėdant programuoti nuo sąsajos kūrimo, vėliau pereinant prie jos derinimo su skaičiavimo algoritmais ir programos kodais ir atvirkščiai. Kiekvienam iš programai keliamų reikalavimų buvo sukurtas atskiras programos fragmentas (paprogramė), kurie buvo apjungti į bendrą kompiuterinę programą sąlyginai pavadintą „KartoMat“ (Kartografiniai Matavimai) 4 pav.



**4 pav.** „KartoMat“ kompiuterinės programos langas.

Automatinis skenuotų žemėlapių fragmentų įkėlimas. Kaip jau buvo minėta 2 skyriuje, skenavimas buvo atliekamas A4 lapo formate, t. y. didesnio formato žemėlapiai įskaitmeninti dalimis. Siekiant kuo labiau automatizuoti visą procesą, automatizuotas ir žemėlapių fragmentų įkėlimas. Automatizuotas žemėlapių fragmentų įkėlimo procesas vyksta pagal jų pavadinimus, t. y. žemėlapių fragmento pavadinimas =  $i_n$ ; kur  $i$  – eilutės numeris,  $n$  – stulpelio numeris.

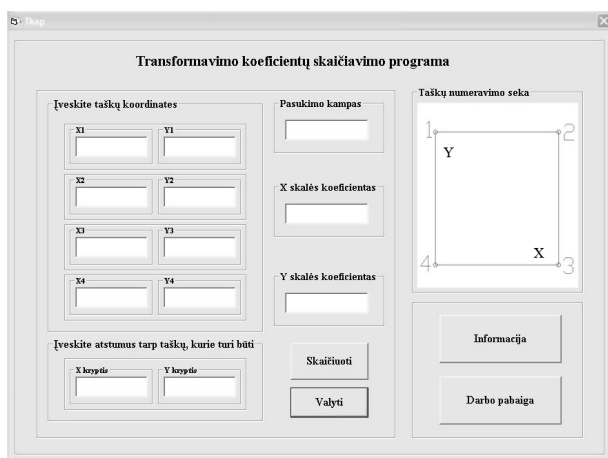
Sąryšio tarp skenuoto vaizdo koordinatų ir naudojamų (LKS94 arba WGS84) koordinatų nustatymas. „KartoMat“ programoje koordinatų sąryšiui nustatyti panaudota

vaizdų apdorojimo operacijų grupė – vaizdo transformavimas tarp „langu“, t. y. transformuoti įskaitmeninto žemėlapių lapo koordinatų sistemą į LKS94 koordinatų sistemą panaudotos 11–16 formulės.

Šioje programoje skenuoto žemėlapių matavimo vienetai – pikseliai (pxl), o vartotojo patogumui perskaičiuojami į milimetrus (mm). Kai žemėlapių dydis pikseliais lygus monitoriaus pikselių skaičiui, jų kiekis nėra lygus teritorijos vienetų ( $m^2$ ) kiekiui, t. y. kuo skenuotas vaizdas mažesnis, tuo vienam pikseliui tenka daugiau ploto. Todėl žemėlapių įkėlimo lango dydis buvo parinktas taip, kad pikseliui tenkantis teritorijos vienetų ( $m^2$ ) kiekis tenkintų užsibrėžtą tikslumą. Tokio dydžio vaizdas netelpa į monitoriaus langą, todėl prireikė vaizdo valdymo priemonių (slinkties juostų ir navigacinio lango).

Kompleksinis žemėlapių geometrinių deformacijų vizualizavimas. Šis kompleksinis žemėlapių geometrinių deformacijų vizualizavimas išreikštas per LKS94 koordinatų tinklą, t. y. pagal vartotojo nurodytas žemėlapyje pavaizduoto koordinatų tinklo sankirtos taškų reikšmes išbraižomas LKS94 koordinatų tinklas.

Geometrinių skenavimo deformacijų nustatymas ir panaikinimas. Įskaitmenintame skenuoto žemėlapių vaizde gali atsirasti geometrinių deformacijų. Šioms deformacijoms panaikinti buvo sukurta „Tkap“ (skirta atstatyti skenavimo metu žemėlapyje atsiradusias geometrines deformacijas) paprogramė (5 pav.), kurios apskaičiuoti koeficientai tinka ir į



5 pav. Paprogramės „Tkap“ transformacijos koeficientų skaičiavimo langas.

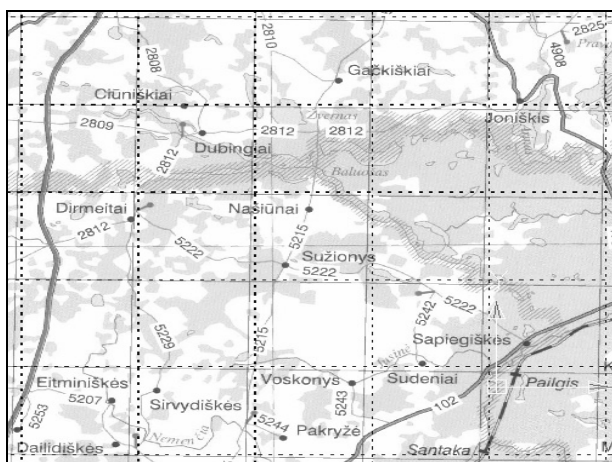
„Autodesk AutoCAD ...“ programą įkeliamų žemėlapių geometrinių deformacijoms naikinti.

6 paveiksle pateiktas skenuoto žemėlapių fragmentas, kuriame punktyrinėmis linijomis pavaizduotas nedeformuotas LKS94 koordinatų tinklas, o greta jo matosi skenuoto žemėlapių fragmento deformuotas LKS94

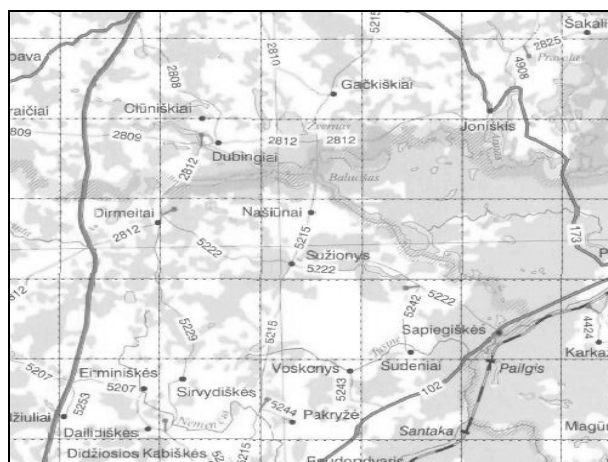


koordinacių tinklas. Po atliktų su „*Tkap*“ paprograme skaičiavimų, bei apskaičiuotų transformacijos koeficientų panaudojimo „*KartoMat*“ ar „*Autodesk AutoCAD ...*“ kompiuterinėse programose, koordinacių tinklai tampa tapatūs, punktyrinio koordinacių tinklo atžvilgiu (7 pav.).

Kadangi geometrinės deformacijos žemėlapyje pasiskirsto nevienodai, patartina transformacijos koeficientus skaičiuoti, o vėliau transformuoti ne visą žemėlapi iškart, bet atskirais žemėlapio fragmentus. Taikant šį principą pasiekiamas didesnis tikslumas.



**6 pav.** Skenuoto žemėlapio fragmentas prieš transformaciją.



**7 pav.** Skenuoto žemėlapio fragmentas po transformacijos.

Transformavimo koeficientams apskaičiuoti panaudotos 3 – 10 formulės.

LKS94 koordinacių tinklo braižymas. Pagal „užsibrėžtą“ koordinacių tinklo tankumą išbraižomas (nustatytos spalvos) LKS94 koordinacių tinklas.

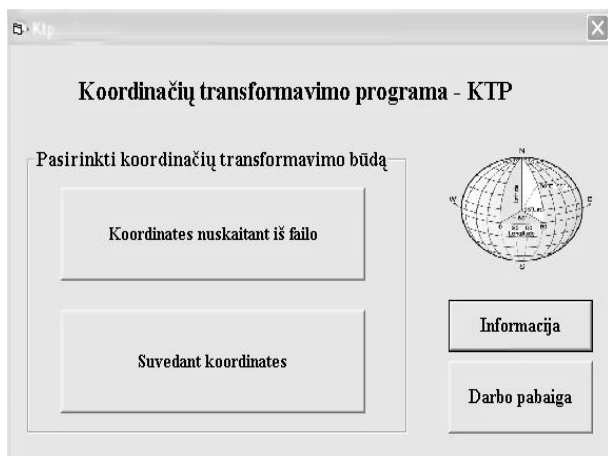
Išbraižius pastarąjį bei deformuota koordinacių tinklus galima vizualiai įvertinti kompleksinį žemėlapio geometrinių deformacijų dydį.

Koordinacių perskaičiavimas iš WGS84 į LKS94 ir atvirkščiai. „*Ktp*“ (Koordinacių transformavimo paprogramė) paprogramė skirta transformuoti koordinates iš WGS84 į LKS94 koordinacių sistemą ir atvirkščiai (8, 9 ir 10 pav.). Joje koordinacių transformavimui panaudoti tokie algoritmai:

1) plokštuminių (LKS94) koordinacių skaičiavimas pagal elipsoidines (WGS84) koordinates;

2) elipsoidinių (WGS84) koordinatų skaičiavimas pagal plokštumines (LKS94)

koordinates.



8 pav. Paprogramės „Ktp“ pradinis langas.

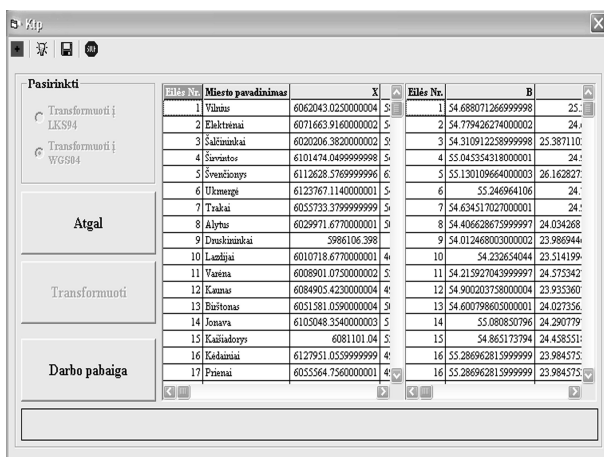
Šioje paprogramėje transformuoti koordinates galima dviem būdais:

1) koordinates transformuojant rankiniu būdu (10 pav.);

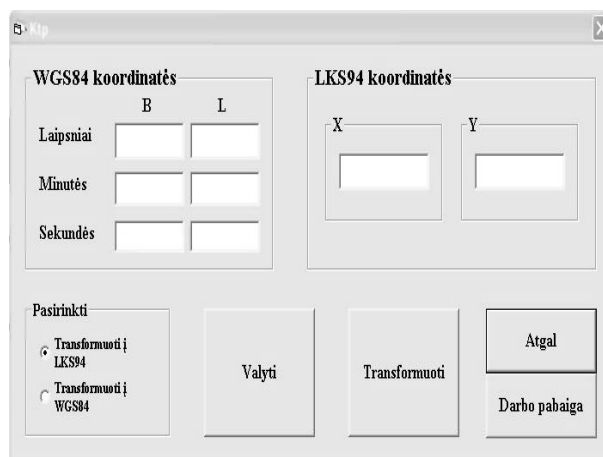
2) koordinates transformuojant automatizuotai, t. y. jas nuskaitant iš failo

(9 pav.).

Transformuotas koordinates pastaruju būdu galima išsaugoti, o vėliau atlikti atvirkštinį transformacijos procesą, t. y. transformuoti koordinates į pirminę koordinatų sistemą.



9 pav. Paprogramės „Ktp“ koordinatų transformavimo langas koordinates nuskaitant iš failo.



10 pav. Paprogramės „Ktp“ koordinatų transformavimo langas suvedant koordinates.

Koordinatų transformavimui panaudotos 17 – 59 formulės.

Ikeltų žemėlapių fragmentų padėties keitimas koordinatų tinklo atžvilgiu. Įkeltus į programą žemėlapių fragmentus reikia „nusiųsti“ į tikrąsias jų koordinates. „KartoMat“ programoje galimi tokie žemėlapių padėties keitimo būdai: a) vizualiai; b) koordinuotai.

Ikeltų žemėlapių fragmentų didinimas arba mažinimas. Žemėlapių fragmentų (arba viso žemėlapių) matmenų keitimas įvedant norimą didinimo arba mažinimo koeficientą. Galima

didinti kiekvieną žemėlapių fragmentą atskirai arba visus iškart.

Transformuotų (be geometrinių deformacijų) žemėlapių fragmentų išsaugojimas fiksuojant koordinacinių padėčių. Vartotojo padaryti žemėlapių fragmentų dydžio, padėties pakeitimai išsaugomi atskirame faile. Kitą kartą įkėlus šiuos žemėlapių fragmentus į „KartoMat“ programą jie atsidurs toje pačioje vietoje.

Automatinis sutartinių ženklų centro koordinacinių nustatymas. Žemėlapyje nustatyti pasirinkto miesto sutartinio ženklo (puansono) koordinatės galima rankiniu būdu, t. y. atliekant tiesioginius matavimus spausdintame žemėlapyje. Tačiau šis būdas turi du esminius trūkumus:

- 1) Laikas. Didelio kiekio sutartinių ženklų koordinacinių nustatymas reikalauja didelių laiko sąnaudų;
- 2) Tikslumas. Dažniausiai naudojami prietaisai ir žmogaus fizinės galimybės turi didelę įtaką matavimo tikslumui;
- 3) Skaičiavimo klaidos. Kadangi nustatomos ne tiesioginės koordinatės, jas reikia apskaičiuoti, o tai yra tiesioginis galimų klaidų šaltinis.

Įskaitmeninus žemėlapių sutartinių ženklų koordinatės galima nustatyti vizualiai tam pritaikytose programose (pavyzdžiui, „Autodesk AutoCAD 2002“), t. y. pelės žymeklį (kursorių) užvedant ant miestą žyminčio ženklo ir užsirašant koordinatės. Šis sutartinių ženklų koordinacinių nustatymo metodas pažangesnis, bet taipogi nėra efektingas. Tikslumas pirmiausia priklauso naudojamos įrangos (monitoriaus), kuri lemia vizualinio pelės žymeklio užvedimo tikslumą, o antra – pelės žymeklio užvedimo tikslumas priklauso nuo individualių žmogaus regėjimo savybių, t. y. to paties sutartinio ženklo centrą kiekvienas žmogus nustatys skirtingai. Taip pat



didelė klaidų tikimybė „rankiniu būdu“ nurašant ir įvedant koordinatės. Išėitis – automatizuoti sutartinių ženklų centro koordinacinių nustatymą.

„Ceko“ paprogramė skirta pelės kursorių (judanti pelės žymė displejaus ekrane) nusiųsti į objekto centro koordinatės

**11 pav.** Paprogramės „CEKO2007“ langas.

(11 pav.) programėlė (centro koordinatų apskaičiavimo paprogramė). Šios paprogramės paskirtis – išskaičiuoti pasirinkto sutartinio ženklo centro koordinatas.

Šis centro koordinatų išskaičiavimo metodas remiasi dvejomis pikselio savybėmis:

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

Po atliktų bandymų (keičiant žemėlapių padėtį monitoriaus pikselių atžvilgiu, keičiasi objekto centro koordinatų reikšmės), kurie vyko nuosekliai su programų kūrimu, šios paprogramės kodas buvo patobulintas ir įterptas į „*KartoMat*“ programos kodą.

„*Ceko*“ paprogramės kodo skirtumą nuo „*KartoMat*“ programos kodo dalies, skirtos išskaičiuoti objekto centro koordinatas, sudaro:

- „*Ceko*“ paprogramėje centro koordinatės išskaičiuojamos per monitoriaus (vaizduoklio) pikselius, o „*KartoMat*“ programoje – pagal šioje kompiuterinėje programoje įkelto vaizdo (žemėlapių) pikselius.

Šis „*KartoMat*“ programinio kodo dalies patobulinimas leido išvengti centro koordinatų išskaičiavimo klaidų, kurios pasitaikydavo dėl žemėlapių vaizdo padėties pasikeitimo monitoriaus (vaizduoklio) pikselių atžvilgiu. Pakeitus žemėlapių padėtį monitoriaus pikselių atžvilgiu buvo užfiksuotas toks objekto centro koordinatų nuokrypio diapazonas LKS94 koordinatų sistemoje:

- $X = 40.0$  m;
- $Y = 36.6$  m.

„*KartoMat*“ kompiuterinėje programoje sutartinių ženklų (puansonų) centro koordinatų skaičiavimams panaudotos šios formulės:

$$\boxed{\phantom{X_C}} \quad (64)$$

$$\boxed{\phantom{Y_C}} \quad (65)$$

čia  $X_C$  ir  $Y_C$  – sutartinio ženklo centro koordinatės;  $n$  – sutartinio ženklo kontūro

koordinacių porų  $(x, y)$  skaičius.

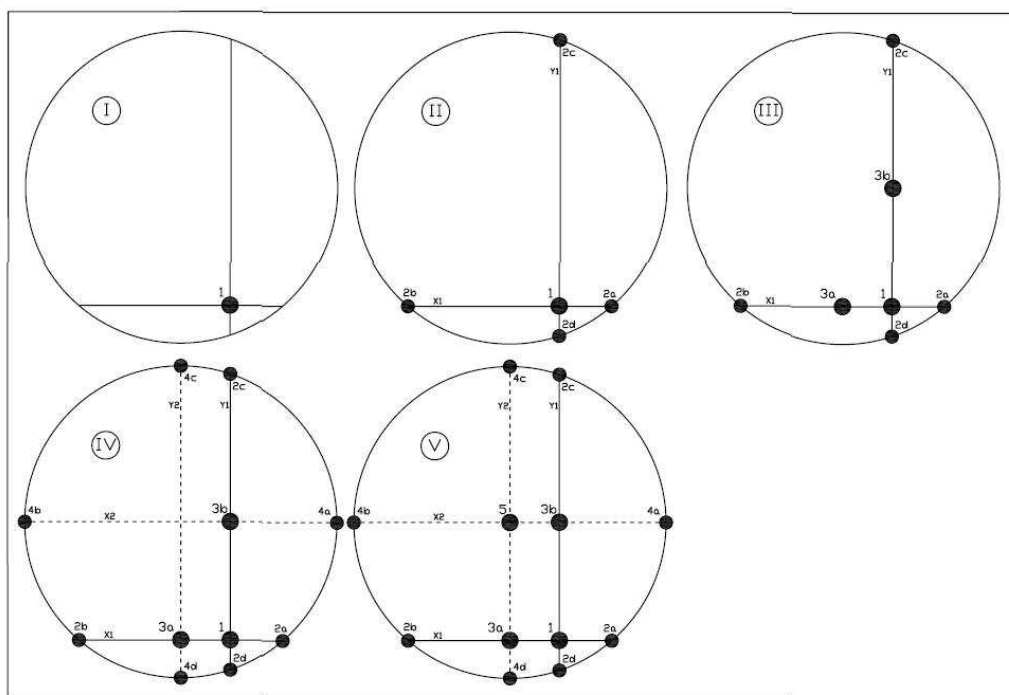
Galimi tokie centro koordinacių apskaičiavimo būdai pagal sutartinio ženklo formą:

1) apskritimo:

- a) statmenų;
- b) vektoriniu;

2) kitos objektų formos.

„Apskritimo statmenų“ koordinacių skaičiavimo metodo eiliškumas pavaizduotas 12 paveiksle. Pasirinkus bet kokią apskritime esantį tašką yra nustatoma jo (pikslio) spalva RGB spalvų modulyje. Nuo šio pikslio  $x$ ,  $-x$ ,  $y$  ir  $-y$  kryptimis vieno pikslio atstumu yra tikrinamos naujai apskaičiuotų pikselių spalvos RGB spalvų modulyje. Šis veiksmas atliekamas to kol  $n$ -tojo pikslio spalva nesutampa su  $1$ -mojo pikslio spalva. Taip surandami objekto kontūro pradžios pikseliai (jų  $x$  ir  $y$  koordinatės) ieškomomis kryptimis. Iš nustatytų  $x$  reikšmių apskaičiuojamas  $x$  krypties linijos vidurys, analogiškai veiksmai atliekami su  $y$  reikšmėmis.

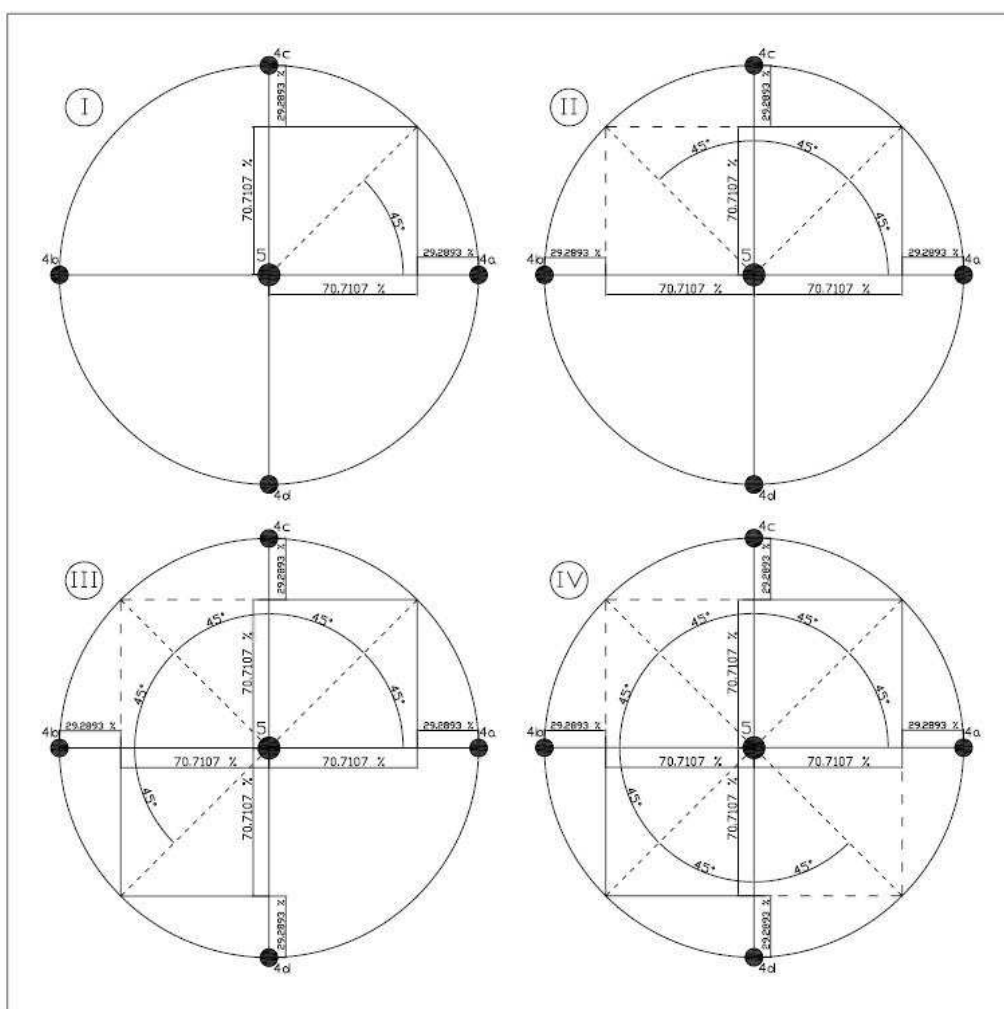


**12 pav.** Centro koordinacių suradimo „apskritimo statmenų“ būdu schema.

Nuo apskaičiuotų  $x$  ir  $y$  linijų vidurio taškų vėl  $x$ ,  $-x$ ,  $y$  ir  $-y$  kryptimis vieno pikslio atstumu yra tikrinamos naujai apskaičiuotų pikselių spalvos RGB spalvų modulyje. Šis veiksmas atliekamas tol kol  $n$ -tojo pikslio spalva nesutampa su  $1$ -mojo pikslio 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.

Apskaičiuotą centro koordinatę „apskritimo statmenų“ metodu galima patikslinti „apskritimo vektoriniu“ skaičiavimo metodu. 13 paveiksle pavaizduotas pastarojo centro koordinatžių skaičiavimo metodo eiliškumas. Nustatinėjant centro koordinatės šiuo būdu galima „užsibrėžti“ norimą tikslumą, tai yra galima pasirinkti brėžiamų menamų spindulių skaičių apskritime.



**13 pav.** Centro koordinatžių suradimo „apskritimo vektoriniu“ būdu schema ( $45^\circ$  intervalu).

„Apskritimo vektorinio“ sutartinių ženklų centro koordinatžių skaičiavimo metode naudotos procentinės išraiškos skaičiuotos šiomis formulėmis (Mockus, 1998):

$$\square \tag{66}$$

$$\square \tag{67}$$

$$\square \tag{68}$$

$$\square \tag{69}$$

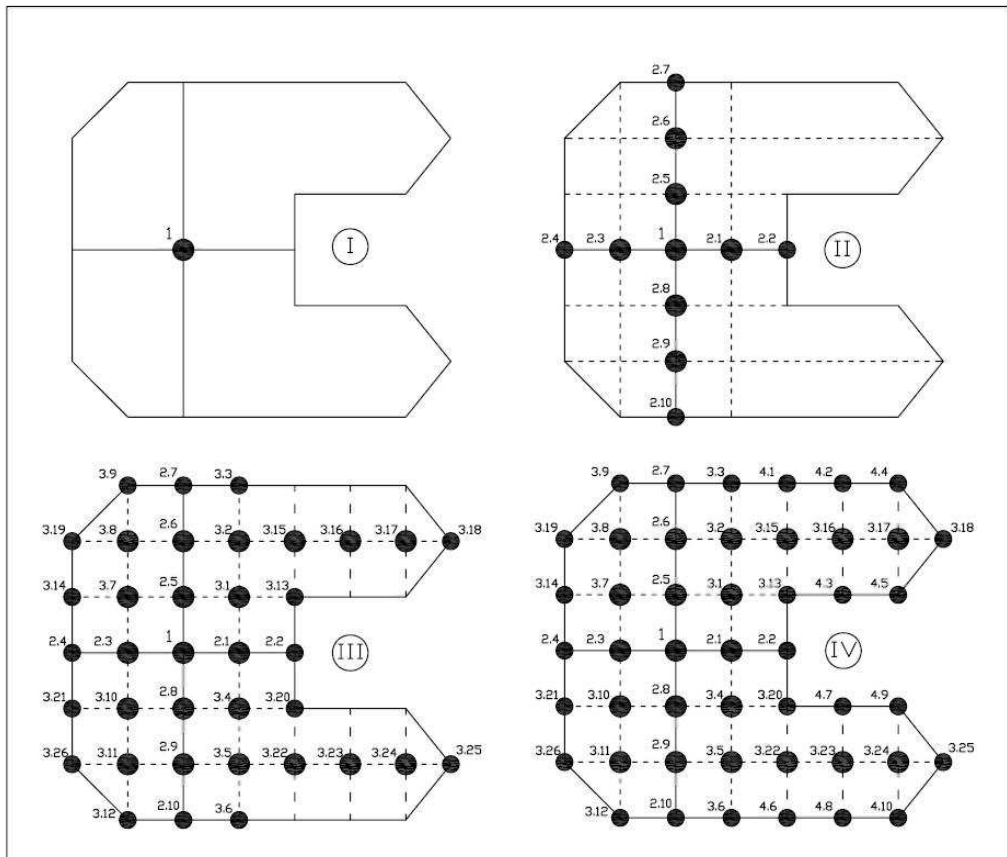
čia  $y$  – atstumas  $y$  kryptimi nuo apskritimo centro koordinatinių iki statmens nuo spindulio  $y$  ašiai;  $x$  – atstumas  $x$  kryptimi nuo apskritimo centro koordinatinių iki statmens nuo spindulio  $x$  ašiai;  $R$  – spindulys;  $\alpha$  – kampas tarp brėžiamo menamo spindulio ir  $x$  ašies (nulinio laipsnio);  $Pr_x$  ir  $Pr_y$  – procentinės  $x$  ir  $y$  krypčių atstumų išraiškos.

Metodo „apskritimo vektorinio“ sutartinių ženklų centro koordinatinių apskaičiavimą sudaro:

- 1) pasirenkamas centro koordinatės išskaičiavimo tikslumas (galima pasirinkti iki sekundės tikslumo intervalą);
- 2) centro koordinatė apskaičiuojama „apskritimo statmenų“ metodu;
- 3) nuo šios apskaičiuotos koordinatės pagal pasirinktą tikslumą yra brėžiamos menamos tiesės keturiomis ( $x$ ,  $-x$ ,  $y$  ir  $-y$ ) kryptimis, remiantis 66-69 formulėmis apskaičiuotomis procentinėmis  $x$  ir  $y$  krypčių išraiškomis. 360 laipsnių procentinės išraiškos tikrintos kai apskritimo spindulys lygus 3 ir 5 mm. Abiem atvejais jos sutapo su 66-69 formulėmis apskaičiuotomis procentinėmis  $x$  ir  $y$  krypčių išraiškomis. Pastarieji matavimai ir skaičiavimai buvo atlikinėjami su „Autodesk AutoCAD 2006“ kompiuterine programa;
- 4) nustatytoji pagal procentines išraiškas pikselio spalva yra lyginama su objekto kontūro ir jo vidaus spalvomis. Jeigu:
  - a) spalva sutampa su objekto vidaus spalva – pridedamos reikšmės (atitinkamai santykiu prieš tai buvusių reikšmėm) prie gautųjų reikšmių. Veiksmas kartojamas kol apskaičiuoto  $n$ -tojo pikselio spalva sutampa su objekto kontūro spalva;

b) spalva sutampa su objekto kontūro spalva – atimamos reikšmės (atitinkamai santykiu prieš tai buvusioms reikšmėm) iš gautųjų reikšmių. Veiksmas kartojamas kol apskaičiuoto  $n$ -tojo pikselio spalva sutampa su objekto vidaus spalva. Objekto kontūro spalva lygi  $n-1$  pikselio spalvai;

5) iš nustatytų  $x$  ir  $y$  koordinatžių porų apskaičiuojamos 64 ir 65 formulėmis objekto (sutartinio ženklų) centro koordinatės.



**14 pav.** Centro koordinatžių suradimo „kitos objektų formos“ būdu schema.

Metodo „kitos objektų formos“ sutartinių ženklų centro koordinatžių apskaičiavimą sudaro (14 pav.):

- 1) pasirenkamas taškas objekte, nustatoma jo spalva (RGB spalvų modulyje);
- 2) keturiomis kryptimis, kas vieną pikselį, išimamos koordinatžių poros, kurios yra tikrinamos (ar jų spalva sutampa su pirmojo pikselio spalva). Veiksmas vyksta tol, kol  $n$ -jo pikselio spalva nesutampa su pirmojo pikselio spalva;
- 3) nuo išimintų koordinatžių keturiomis kryptimis, kas vieną pikselį (praleidžiant jau



įsimintas koordinatas) įsiminamos naujos koordinatinių poros. Tikrinama, ar jų spalva sutampa su pirmojo pikselio spalva, veiksmas vyksta tol kol  $n$ -jo pikselio spalva nesutampa su pirmojo pikselio spalva;

4) trečiasis punktas kartojamas kol nelieka nepanaudotų objektą sudarančių pikselių;

5) iš nustatytų objekto kontūro koordinatinių porų apskaičiuojamos 64 ir 65 formulėmis objekto centro koordinatės.

Aprašyti sutartinių ženklų centro koordinatinių 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 ženklo kontūras įgautą netaisyklingą formą, bei būtų apskaičiuojamos blogos sutartinio ženklo centro koordinatės. Siekiant to išvengti programoje galima rankiniu būdu įvesti sutartinio ženklo kontūro spalvą (RGB spalvų modulyje).

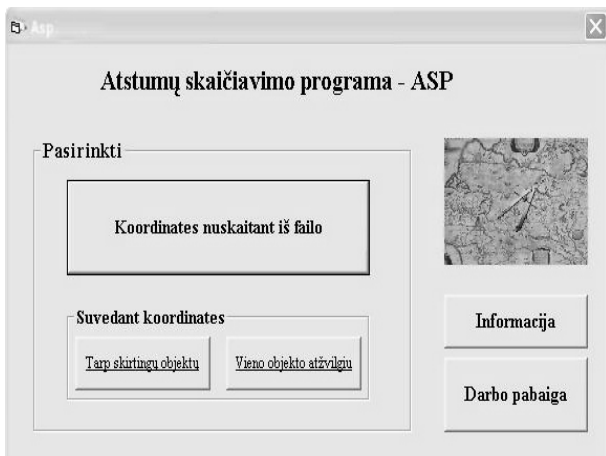
Šis sprendimas leido išvengti sutartinių ženklų centro koordinatinių apskaičiavimo klaidų, susijusių su jų sudarančių pikselių spalvos nevienodumu. Šiuo atveju, pikselių spalvos tikrinamos ne su pirmojo pikselio spalva, o su nustatyta objekto kontūro spalva.

Atstumų apskaičiavimas tarp nurodytų dviejų objektų. Programoje galima išmatuoti atstumą tarp dviejų nurodytų objektų: a) metrais vietovėje (0.0001 m tikslumu vietovėje), b) įvedus žemėlapiu mastelį, milimetrais žemėlapyje (0.0001 mm tikslumu žemėlapyje).

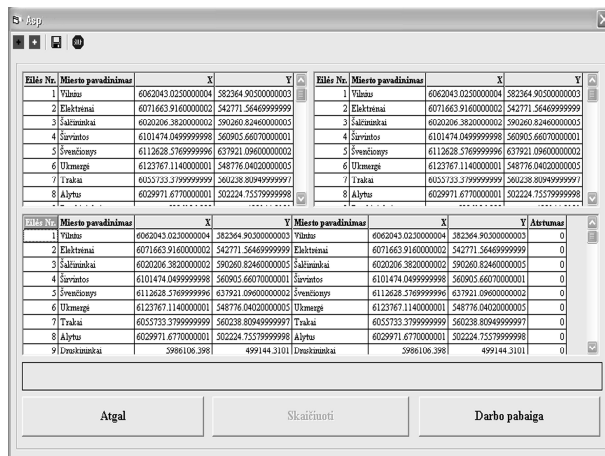
Visų teorinių ir esamų atstumų, plotų, perimetrų ir jų tarpusavio nesutapimų (nuokrypių) apskaičiavimas. Panaikinus žemėlapių geometrinės deformacijas, bei nustačius juose vaizduojamų miestų koordinatas, pastarosios eksportuojamos į „Asp“ paprogramei suprantamą formatą, kurioje galima jomis manipuluoti (15, 16, 17 ir 18pav.).

„Asp“ paprogramė skirta apskaičiuoti atstumams tarp analizuojamų vietovių tikrųjų koordinatinių ir teminiuose žemėlapiuose pateiktų analizuojamų sutartinių ženklų koordinatinių t.y., apskaičiuoti sutartinių ženklų padėjimo žemėlapyje nuokrypius nuo tikrųjų koordinatinių. Yra galimybė gautus rezultatus eksportuoti į „Notepad“ ( „\*.txt“) bei į „Microsoft Office Excel ...“

programos („\*.xls”) formata. Duomenų eksportavimas į pastarąją programą suteikia galimybę sudarinėti gautų rezultatų grafikus.



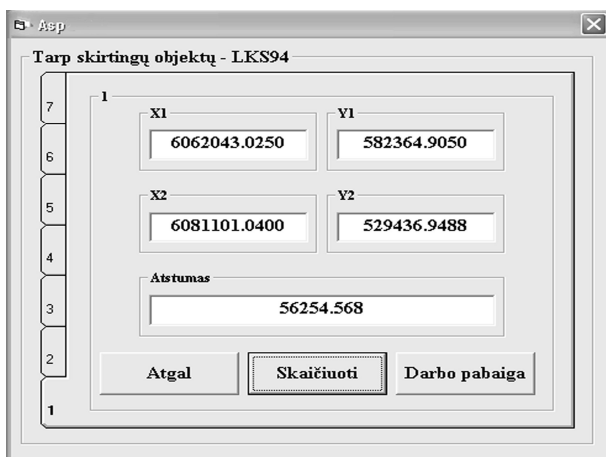
15 pav. Paprogramės „Asp“ pradinis langas.



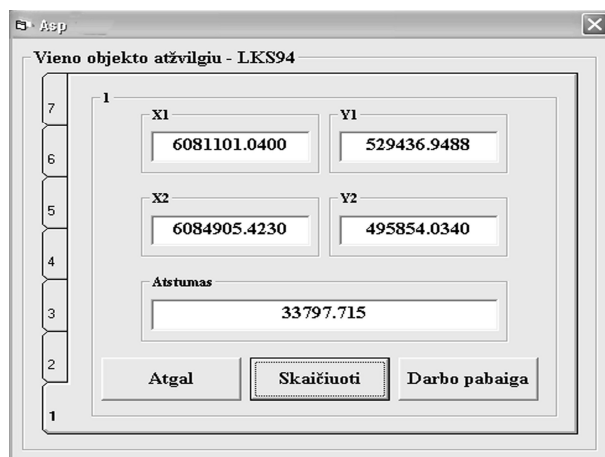
16 pav. Paprogramės „Asp“ atstumų (nuokrypių) skaičiavimo langas koordinates nuskaitant iš failo.

„Asp“ kompiuterinėje paprogramėje duomenimis manipuluoti galima dviem būdais:

- 1) nuskaitant koordinates iš tekstinio failo (15 pav.);
- 2) suvedinėjant koordinates „rankiniu“ būdu. Šis būdas dar skirstomas į:
  - 2.1) atstumų skaičiavimą tarp skirtingų objektų (16 pav.);
  - 2.2) atstumų skaičiavimą vieno objekto atžvilgiu (17 pav.).



17 pav. Paprogramės „Asp“ atstumų (nuokrypių) skaičiavimo langas suvedant koordinates – tarp skirtingų objektų.



18 pav. Paprogramės „Asp“ atstumų (nuokrypių) skaičiavimo langas suvedant koordinates - vieno objekto atžvilgiu.

Sutartinių ženklų centro koordinacių nuokrypiams apskaičiuoti panaudotos 3, 4 ir 6 formulės.

„Pnsp“ paprogramė (19 pav.) skirta apskaičiuoti plotų bei perimetrų nuokrypius. Šie nuokrypiai apskaičiuoti tarp žemėlapiuose nustatytų sutartinių ženklų centro koordinacių ir tarp



19 pav. Paprogramės „Pnsp“ ploto ir perimetro nuokrypių skaičiavimo langas.

tikrųjų koordinacių apskaičiuotų tapačių poligonų plotų.

Yra galimybė gautus rezultatus eksportuoti į „Notepad“ („\*.txt“) bei į „Microsoft Office Excel ...“ programos („\*.xls“) formatą. Duomenų eksportavimas į pastarąją programą suteikia galimybę sudarinėti gautų rezultatų grafikus.

Plotų nuokrypiai skaičiuoti šiomis formulėmis (Ražinskas, Zakarevičius, 1979):

$$\square \quad (70)$$

arba

$$\square \quad (71)$$

$$\square \quad (72)$$

čia P – plotas;  $\square$  – ploto nuokrypis;  $\square$  – pirmas plotas;  $\square$  – antras plotas; n – objekto

ribos taškų skaičius;

Perimetro nuokrypiai apskaičiuoti 3, 4, 6 bei šiomis formulėmis:

$$\square \quad (73)$$

$$\square \quad (74)$$

čia Pr – perimetras;  $\square$  – perimetro nuokrypis;  $\square$  – pirmas perimetras;  $\square$  – antras

perimetras;  $S_i$  – atstumai tarp objekto ribos taškų; n – apskaičiuotų atstumų, tarp objekto ribos taškų, taškų skaičius.

Tiesioginio matavimo duomenų (miesto centro koordinatų ir pavadinimų) ir suskaičiuotų rezultatų importavimas į duomenų bazę „Kmat“ ir suskaičiuotų rezultatų eksportavimas į „Microsoft Office Excel ...“ programą tolesniam apdorojimui (grafinis vizualizavimas). Duomenų importas į duomenų bazę „Kmat“ reikalingas tiesioginio matavimo duomenų ir rezultatų vizualizavimui, t. y. suteikti galimybę vartotojui matyti duomenis pačioje programoje.

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

Žemėlapių (programos lango permatomumas) vizualus sugretinimas. Ši funkcija suteikia galimybę vizualiai lyginti skirtingus žemėlapius tuo pačiu metu.

Visų vartotojo pasirinktų transformacijos parametrų išsaugojimas. Pasirinktų transformacijos parametrų išsaugojimas – suteikia vartotojui galimybę darbo aplinką pritaikyti savo poreikiams, t. y. vartotojas kitą kartą įsijungęs kompiuterinę programą negaišta laiko keisdamas parametrus.

#### 4. AUTOMATIZUOTOS SUTARTINIŲ ŽENKLŲ ĮKĖLIMO TIKSLUMO VERTINIMO METODIKOS APROBAVIMAS

Metodologijos automatizavimas (programos „*KartoMat*“ sukūrimas) vartotojui suteikia galimybę tiksliai ir efektyviai laiko sąnaudų atžvilgiu įvertinti sutartinių ženklų įkėlimo tikslumą teminiuose žemėlapiuose. Metodikos efektyvumui įvertinti atliktas trijų teminių žemėlapių koordinuotų sutartinių ženklų (puansonų) įkėlimo tikslumo nustatymas.

Tirti žemėlapiai:

1. „*Lietuvos valstybinės reikšmės automobilių keliai ir geležinkeliai*“ M 1: 300 000.
2. „*Lietuvos Respublikos administracinis suskirstymas*“ M 1: 400 000.
3. „*Lietuva. Administracinis žemėlapis*“ M 1: 1 400 000.

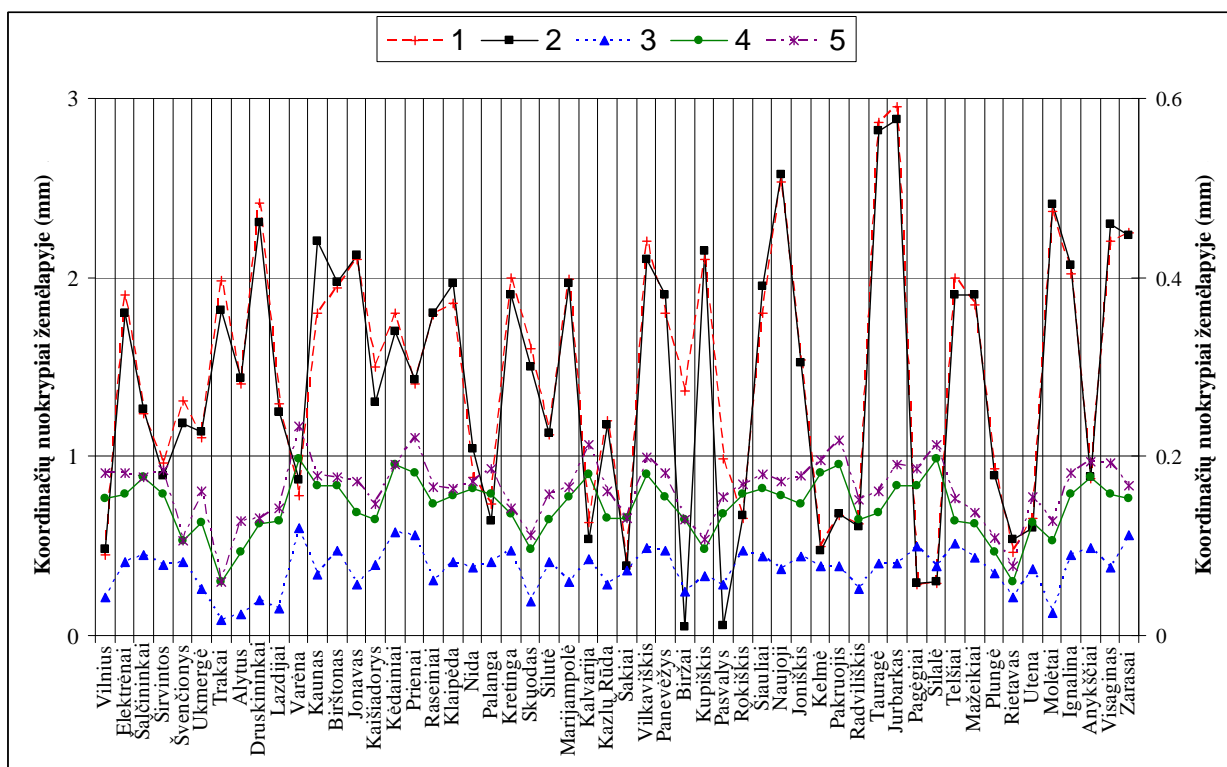
Koordinuotų sutartinių ženklų įkėlimo tikslumą teminiuose žemėlapiuose prasmingiausia tirti stambesnio mastelio žemėlapiuose, nes tokiuose žemėlapiuose tiriamo sutartinio ženklo įkėlimo žemėlapyje klaidos yra reikšmingesnės ir vizualiai labiau pastebimos. Pavyzdžiui, jei padaryta 25 m sutartinio ženklo įkėlimo 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, kas jau viršija spaudos kokybę.

Žemėlapyje „*Lietuvos valstybinės reikšmės automobilių keliai ir geležinkeliai*“ analizuoti duomenys gauti tiriant pasirinktus sutartinius ženklus (puansonus) „Adobe Illustrator CS2“, „Autodesk AutoCAD“ ir sukurtoje „*KartoMat*“ programose. „*KartoMat*“ programoje Lietuvos miestų sutartinių ženklų koordinatės nustatytos naudojant tris būdus: a) „kitos objektų formas“, b) „vektorinis“, c) „statmenų“ (žiūrėti 3 skyrių). 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 pateikti grafine forma (20 pav.). Kaip matome (20 pav.) „Adobe Illustrator CS2“ ir „Autodesk AutoCAD“ programų pagalba gauti tikslumo vertinimo rezultatai panašūs.

Užfiksuotas maksimalus pastarųjų programų koordinacių nuokrypis žemėlapyje siekė apie 3 mm (sutartinių ženklų centro koordinatės nustatinėtos vizualiai). Šie nuokrypiai buvo užfiksuoti sutartinių ženklų žyminčių Tauragės ir Jurbarko miestus. Visų tirtų miestų (54 sutartiniai ženklai) koordinacių nuokrypių (minėtose programose) svyravimo diapazonas siekė nuo 0,05 iki 2,88 mm.

„KartoMat“ programa nustatyti koordinacių nuokrypiai gerokai mažesni. Tirtų sutartinių ženklų koordinacių nuokrypių (visais galimais „KartoMat“ programoje būdais) minimali reikšmė siekia 0,018 mm („kitos objektų formos“ būdas), o maksimali 0,233 („statmenų“ būdas). Maksimalios reikšmės užfiksuotos Prienų, Pakruojo, Šilalės ir Klaipėdos miestus žyminčiuose ženkluose, o minimalios – Trakų, Alytaus ir Molėtų.

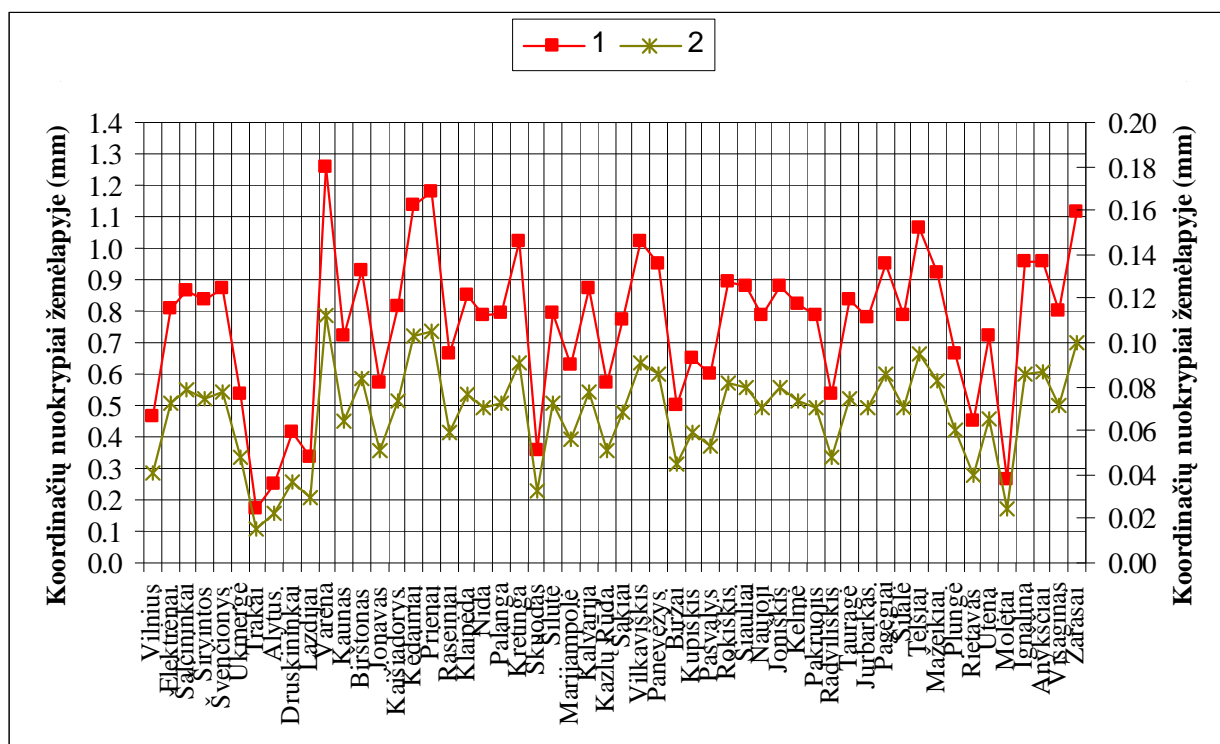


**20 pav.** „Lietuvos valstybinės reikšmės automobilių keliai ir geležinkeliai“ žemėlapiu (M 1:300000) tiriamų miestų koordinacių nuokrypio koeficientai (mm žemėlapyje) nuo tikrųjų miestų koordinacių. 1 (skalė kairėje) – sutartinių ženklų koordinatės nustatinėtos vizualiai „Adobe Illustrator CS2“ kompiuterinėje programoje. 2 (skalė kairėje) – sutartinių ženklų koordinatės nustatinėtos vizualiai „Autodesk AutoCAD“ kompiuterinėje programoje. 3, 4 ir 5 (skalė dešinėje) – sutartinių ženklų koordinatės apskaičiuotos „KartoMat“ kompiuterinėje programoje (3 – „kitos objektų formos“, 4 – „vektoriniu“, 5 – „statmenų“).

Kaip matome (20 pav.), visumos tirtų sutartinių ženklų bendra koordinacių minimali

nuokrypių tendencija fiksuota „KartoMat“ kompiuterinėje programoje (tyrimą atliekant „kitos objektų formos“ būdu). Nors kitais būdais gauti sutartinių ženklų centro koordinatinių nuokrypių yra didesni, tačiau ir šios apskaičiuotos reikšmės žemėlapių tikslumo kokybei įtakos neturi.

Kitose programose sutartinių ženklų centro koordinatės nustatinėtos vizualiai, todėl jų nustatinėjimo kokybę galėjo lemti žmogiškasis faktorius.



**21 pav.** Tiriamų miestų koordinatinių nuokrypio koeficientai (mm žemėlapyje) nuo tikrųjų miestų koordinatinių. Sutartinių ženklų koordinatės apskaičiuotos „KartoMat“ kompiuterinėje programoje, „kitos objektų formos“ būdu. 1 (skalė kairėje) – žemėlapyje „Lietuvos respublikos administracinis suskirstymas“ (M 1:400000). 2 (skalė dešinėje) – žemėlapyje „Lietuva. Administracinis žemėlapis“ (M 1:1400000).

21 paveiksle pateikti dviejų žemėlapių („Lietuva. Administracinis žemėlapis“ ir „Lietuvos respublikos administracinis suskirstymas“) tyrimo rezultatai. Šie žemėlapiai sudaryti leidykloje „Briedis“, galima pastebėti ne tik didelius sutartinių ženklų įkėlimo nuokrypius, bet ir tendencingus sutartinių ženklų centro koordinatinių nuokrypius žemėlapių atžvilgiu. Maksimalūs sutartinių ženklų centro koordinatinių nuokrypių nuo tikrųjų jų koordinatinių abiejuose žemėlapiuose nustatyti Varėnoje (1.254 ir 0.112mm), o minimalūs Trakuose (0.172 ir 0.016mm).

Iš gautų tyrimo rezultatų, pateiktų 20 ir 21 paveiksluose, galima teigti, kad metodikos automatizavimo kokybė tenkina užsibrėžtus tikslumo reikalavimus.

## IŠVADOS

Sukurta kompiuterinė programa maksimaliai automatizuoja tikslumo vertinimo metodiką, nes apima visus pagrindinius matavimų ir skaičiavimų procesus. Neautomatizuota liko tik skenavimo ir skenuoto vaizdo skaidymo procesai.

Automatinis sutartinių ženklų centro koordinacių nustatymo metodas yra žymiai 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.

Sukurtoje kompiuterinėje programoje tiksliausias sutartinių ženklų centro koordinacių nustatymo metodas – „kitos objektų formos“. Sutartinių ženklų centro koordinatės nustatytos vidutiniškai 0.074 mm tikslumu.

Automatizavus tikslumo vertinimo metodiką ženkliai sutaupoma laiko nustatinėjant sutartinių ženklų centro koordinates, t. y. pavyzdžiui vidutiniškai vieno sutartinio ženklo centro koordinatėi žemėlapyje nustatyti užtrunkama 5 minutes, o tuo tarpu nustatinėjant sutartinių ženklų centro koordinates automatizuotai 5 minučių gali užtekti nustatyti visoms koordinatėms.

Žemėlapio „*Lietuvos respublikos administracinis suskirstymas*“ (M 1:400000) pagrindo sudarymui panaudoti topografiniai žemėlapiai M 1:500000, todėl jo tikslumas yra mažiausias lyginant su kitais tirtais žemėlapiais.

Žemėlapių „*Lietuva. Administracinis žemėlapis*“ (M 1:1400000) ir „*Lietuvos respublikos administracinis suskirstymas*“ (M 1:400000) tikslumo svyravimo kreivės labai panašios, todėl galima teigti, kad abiem žemėlapiams panaudotas tas pats pagrindas.



## LITERATŪRA

**Bautrėnas A.**(1999). **Grafinės informacijos įvedimo tikslumo įvertinimas.** *Lietuvos teminė kartografija atkūrus valstybingumą. Straipsnių rinkinys.* Vilnius.123-129.

**Bautrėnas A.** (2002). **Kartografinio vaizdo optimizavimas teminėje kartografijoje (kompiuterinių programų pagrindu).** *Daktaro disertacija.*VU. 242 p.

**Bautrėnas A.** (2006). **AutoCAD kartografijoje.** *Elektroninė mokomoji knyga.* ISBN 9986-19-848-8. VU. Vilnius. 400 p.

**Bautrėnas A., Konstantinova J., Pileckas M.** (2006). **Skenuotų žemėlapių vaizdo kokybės vertinimas ir gerinimo būdai Adobe Photoshop programa.** *Geodezija ir kartografija, XXXII t., Nr.1:* p. IIa-IIIh.

**Chomskis V.** (1979). **Kartografija.** Vilnius: Mokslas. 336 p.

**Dumbliauskienė M.** (2002). **Kartografinės komunikacijos pagrindai.** Vilnius. 88 p.

**Konstantinova J.** (2004). **Skenuotų žemėlapių vaizdo kokybės vertinimo ir transformavimo galimybių analizė (programa PhotoShop).** *Magistro baigiamasis darbas.* VU. 45p.

**Lenkevičius A., Matickas J.** (2004). **Kompiuterinė grafika.** Kaunas: Technologija. 248 p.

**Lietuvos Respublikos geodezijos ir kartografijos įstatymas.** (2001). *Valstybės žinios.* Nr. 62-2226.

**Mockus V.** (1998). **Aritmetikos, algebros, trigonometrijos ir analizės pradmenų žinynas.** Šiauliai. 498 p.

**Ostreika A.** (2003). **Programavimo Visual Basic pagrindai.** Kaunas: Technologija. 253 p.

**Paršeliūnas E.** (2001). **Geoinformacinės sistemos: technologija.** Vilnius: Technika. 229 p.

**Ražinskas A., Zakarevičius A. ir kiti** (1979). **Taikomoji geodezija.** Vilnius: Mokslas. 326 p.

- Sokas A.** (2005). **Programavimas VBA kalba.** Vilnius: Technika. 52 p.
- Starkus B.** (2004). **Kompiuterinė technika namams.** Kaunas: Smaltija. 318 p.
- Šaltenis V.** (1997). **Visual Basic pradžiamokslis.** Vilnius. 97 p.
- Šulcas V.** (2003). **Visual Basic 6 gramatika.** Kaunas: Smaltija. 164 p.
- Zakarevičius A.** (1996). **Lietuvos geodezinių tinklų koordinacių sistemos ir jų ryšiai.** Vilnius: Technika. 384 p.
- Zakarevičius A.** (2000). **Koordinacių sistema LKS94.** Vilnius: Technika
- Zakarevičius A., Putrimas R.** (1995). **Ryšiai tarp geodezinių tinklų koordinacių sistemų.** Vilnius: Technika. 36 p.
- Стефанов С. И.** (2002). **Полиграфия для рекламистов и не только.** Москва. 352 p.

## PRIEDAI

1 priedas. X ir Y krypties atstumų procentinės išraiškos.

Laipsniai	X (%)	Y (%)	Laipsniai	X (%)	Y (%)
0	100.0000	0.0000	181	99.9848	1.7452
1	99.9848	1.7452	182	99.9391	3.4900
2	99.9391	3.4900	183	99.8630	5.2336
3	99.8630	5.2336	184	99.7564	6.9756
4	99.7564	6.9756	185	99.6194	8.7156
5	99.6194	8.7156	186	99.4522	10.4528
6	99.4522	10.4528	187	99.2546	12.1869
7	99.2546	12.1869	188	99.0268	13.9173
8	99.0268	13.9173	189	98.7688	15.6434
9	98.7688	15.6434	190	98.4808	17.3648
10	98.4808	17.3648	191	98.1627	19.0809
11	98.1627	19.0809	192	97.8147	20.7912
12	97.8147	20.7912	193	97.4370	22.4951
13	97.4370	22.4951	194	97.0295	24.1922
14	97.0295	24.1922	195	96.5926	25.8819
15	96.5926	25.8819	196	96.1261	27.5637
16	96.1261	27.5637	197	95.6305	29.2372
17	95.6305	29.2372	198	95.1056	30.9017
18	95.1056	30.9017	199	94.5519	32.5568
19	94.5519	32.5568	200	93.9692	34.2020
20	93.9692	34.2020	201	93.3580	35.8368
21	93.3580	35.8368	202	92.7184	37.4606
22	92.7184	37.4606	203	92.0505	39.0731
23	92.0505	39.0731	204	91.3545	40.6737
24	91.3545	40.6737	205	90.6308	42.2618
25	90.6308	42.2618	206	89.8794	43.8371
26	89.8794	43.8371	207	89.1007	45.3991
27	89.1007	45.3991	208	88.2948	46.9471
28	88.2948	46.9471	209	87.4620	48.4810
29	87.4620	48.4810	210	86.6025	50.0000
30	86.6025	50.0000	211	85.7167	51.5038
31	85.7167	51.5038	212	84.8048	52.9919
32	84.8048	52.9919	213	83.8670	54.4639
33	83.8670	54.4639	214	82.9038	55.9193
34	82.9038	55.9193	215	81.9152	57.3577
35	81.9152	57.3577	216	80.9017	58.7785
36	80.9017	58.7785	217	79.8635	60.1815
37	79.8635	60.1815	218	78.8011	61.5661
38	78.8011	61.5661	219	77.7146	62.9320
39	77.7146	62.9320	220	76.6044	64.2787
40	76.6044	64.2787	221	75.4709	65.6059
41	75.4709	65.6059	222	74.3145	66.9131
42	74.3145	66.9131	223	73.1354	68.1998
43	73.1354	68.1998	224	71.9340	69.4658
44	71.9340	69.4658	225	70.7107	70.7107
45	70.7107	70.7107	226	69.4658	71.9340
46	69.4658	71.9340	227	68.1998	73.1354
47	68.1998	73.1354	228	66.9131	74.3145
48	66.9131	74.3145	229	65.6059	75.4709
49	65.6059	75.4709	230	64.2787	76.6044

50	64.2787	76.6044	231	62.9320	77.7146
51	62.9320	77.7146	232	61.5661	78.8011
52	61.5661	78.8011	233	60.1815	79.8635
53	60.1815	79.8635	234	58.7785	80.9017
54	58.7785	80.9017	235	57.3577	81.9152
55	57.3577	81.9152	236	55.9193	82.9038
56	55.9193	82.9038	237	54.4639	83.8670
57	54.4639	83.8670	238	52.9919	84.8048
58	52.9919	84.8048	239	51.5038	85.7167
59	51.5038	85.7167	240	50.0000	86.6025
60	50.0000	86.6025	241	48.4810	87.4620
61	48.4810	87.4620	242	46.9471	88.2948
62	46.9471	88.2948	243	45.3991	89.1007
63	45.3991	89.1007	244	43.8371	89.8794
64	43.8371	89.8794	245	42.2618	90.6308
65	42.2618	90.6308	246	40.6737	91.3545
66	40.6737	91.3545	247	39.0731	92.0505
67	39.0731	92.0505	248	37.4606	92.7184
68	37.4606	92.7184	249	35.8368	93.3580
69	35.8368	93.3580	250	34.2020	93.9692
70	34.2020	93.9692	251	32.5568	94.5519
71	32.5568	94.5519	252	30.9017	95.1056
72	30.9017	95.1056	253	29.2372	95.6305
73	29.2372	95.6305	254	27.5637	96.1261
74	27.5637	96.1261	255	25.8819	96.5926
75	25.8819	96.5926	256	24.1922	97.0295
76	24.1922	97.0295	257	22.4951	97.4370
77	22.4951	97.4370	258	20.7912	97.8147
78	20.7912	97.8147	259	19.0809	98.1627
79	19.0809	98.1627	260	17.3648	98.4808
80	17.3648	98.4808	261	15.6434	98.7688
81	15.6434	98.7688	262	13.9173	99.0268
82	13.9173	99.0268	263	12.1869	99.2546
83	12.1869	99.2546	264	10.4528	99.4522
84	10.4528	99.4522	265	8.7156	99.6194
85	8.7156	99.6194	266	6.9756	99.7564
86	6.9756	99.7564	267	5.2336	99.8630
87	5.2336	99.8630	268	3.4900	99.9391
88	3.4900	99.9391	269	1.7452	99.9848
89	1.7452	99.9848	270	0.0000	100.0000
90	0.0000	100.0000	271	1.7452	99.9848
91	1.7452	99.9848	272	3.4900	99.9391
92	3.4900	99.9391	273	5.2336	99.8630
93	5.2336	99.8630	274	6.9756	99.7564
94	6.9756	99.7564	275	8.7156	99.6194
95	8.7156	99.6194	276	10.4528	99.4522
96	10.4528	99.4522	277	12.1869	99.2546
97	12.1869	99.2546	278	13.9173	99.0268
98	13.9173	99.0268	279	15.6434	98.7688
99	15.6434	98.7688	280	17.3648	98.4808
100	17.3648	98.4808	281	19.0809	98.1627
101	19.0809	98.1627	282	20.7912	97.8147
102	20.7912	97.8147	283	22.4951	97.4370
103	22.4951	97.4370	284	24.1922	97.0295
104	24.1922	97.0295	285	25.8819	96.5926

105	25.8819	96.5926	286	27.5637	96.1261
106	27.5637	96.1261	287	29.2372	95.6305
107	29.2372	95.6305	288	30.9017	95.1056
108	30.9017	95.1056	289	32.5568	94.5519
109	32.5568	94.5519	290	34.2020	93.9692
110	34.2020	93.9692	291	35.8368	93.3580
111	35.8368	93.3580	292	37.4606	92.7184
112	37.4606	92.7184	293	39.0731	92.0505
113	39.0731	92.0505	294	40.6737	91.3545
114	40.6737	91.3545	295	42.2618	90.6308
115	42.2618	90.6308	296	43.8371	89.8794
116	43.8371	89.8794	297	45.3991	89.1007
117	45.3991	89.1007	298	46.9471	88.2948
118	46.9471	88.2948	299	48.4810	87.4620
119	48.4810	87.4620	300	50.0000	86.6025
120	50.0000	86.6025	301	51.5038	85.7167
121	51.5038	85.7167	302	52.9919	84.8048
122	52.9919	84.8048	303	54.4639	83.8670
123	54.4639	83.8670	304	55.9193	82.9038
124	55.9193	82.9038	305	57.3577	81.9152
125	57.3577	81.9152	306	58.7785	80.9017
126	58.7785	80.9017	307	60.1815	79.8635
127	60.1815	79.8635	308	61.5661	78.8011
128	61.5661	78.8011	309	62.9320	77.7146
129	62.9320	77.7146	310	64.2787	76.6044
130	64.2787	76.6044	311	65.6059	75.4709
131	65.6059	75.4709	312	66.9131	74.3145
132	66.9131	74.3145	313	68.1998	73.1354
133	68.1998	73.1354	314	69.4658	71.9340
134	69.4658	71.9340	315	70.7107	70.7107
135	70.7107	70.7107	316	71.9340	69.4658
136	71.9340	69.4658	317	73.1354	68.1998
137	73.1354	68.1998	318	74.3145	66.9131
138	74.3145	66.9131	319	75.4709	65.6059
139	75.4709	65.6059	320	76.6044	64.2787
140	76.6044	64.2787	321	77.7146	62.9320
141	77.7146	62.9320	322	78.8011	61.5661
142	78.8011	61.5661	323	79.8635	60.1815
143	79.8635	60.1815	324	80.9017	58.7785
144	80.9017	58.7785	325	81.9152	57.3577
145	81.9152	57.3577	326	82.9038	55.9193
146	82.9038	55.9193	327	83.8670	54.4639
147	83.8670	54.4639	328	84.8048	52.9919
148	84.8048	52.9919	329	85.7167	51.5038
149	85.7167	51.5038	330	86.6025	50.0000
150	86.6025	50.0000	331	87.4620	48.4810
151	87.4620	48.4810	332	88.2948	46.9471
152	88.2948	46.9471	333	89.1007	45.3991
153	89.1007	45.3991	334	89.8794	43.8371
154	89.8794	43.8371	335	90.6308	42.2618
155	90.6308	42.2618	336	91.3545	40.6737
156	91.3545	40.6737	337	92.0505	39.0731
157	92.0505	39.0731	338	92.7184	37.4606
158	92.7184	37.4606	339	93.3580	35.8368
159	93.3580	35.8368	340	93.9692	34.2020

160	93.9692	34.2020	341	94.5519	32.5568
161	94.5519	32.5568	342	95.1056	30.9017
162	95.1056	30.9017	343	95.6305	29.2372
163	95.6305	29.2372	344	96.1261	27.5637
164	96.1261	27.5637	345	96.5926	25.8819
165	96.5926	25.8819	346	97.0295	24.1922
166	97.0295	24.1922	347	97.4370	22.4951
167	97.4370	22.4951	348	97.8147	20.7912
168	97.8147	20.7912	349	98.1627	19.0809
169	98.1627	19.0809	350	98.4808	17.3648
170	98.4808	17.3648	351	98.7688	15.6434
171	98.7688	15.6434	352	99.0268	13.9173
172	99.0268	13.9173	353	99.2546	12.1869
173	99.2546	12.1869	354	99.4522	10.4528
174	99.4522	10.4528	355	99.6194	8.7156
175	99.6194	8.7156	356	99.7564	6.9756
176	99.7564	6.9756	357	99.8630	5.2336
177	99.8630	5.2336	358	99.9391	3.4900
178	99.9391	3.4900	359	99.9848	1.7452
179	99.9848	1.7452	360	100.0000	0.0000
180	100.0000	0.0000			

2 priedas.

Analizuotų miestų sąrašas

Eilės Nr.	Miesto pavadinimas	B (WGS84)	L (WGS84)	X (LKS94)	Y (LKS94)
1	Vilnius	54.6881	25.2775	6062043.0250	582364.9050
2	Elektrėnai	54.7794	24.6649	6071663.9160	542771.5647
3	Šalčininkai	54.3109	25.3871	6020206.3820	590260.8246
4	Širvintos	55.0454	24.9530	6101474.0500	560905.6607
5	Švenčionys	55.1301	26.1628	6112628.5770	637921.0960
6	Ukmergė	55.2470	24.7671	6123767.1140	548776.0402
7	Trakai	54.6345	24.9331	6055733.3800	560238.8095
8	Alytus	54.4066	24.0343	6029971.6770	502224.7558
9	Druskininkai	54.0125	23.9869	5986106.3980	499144.3101
10	Lazdijai	54.2327	23.5142	6010718.6770	468327.6034
11	Varėna	54.2159	24.5753	6008901.0750	537525.3242
12	Kaunas	54.9002	23.9354	6084905.4230	495854.0340
13	Birštonas	54.6008	24.0274	6051581.0590	501767.6445
14	Jonava	55.0809	24.2908	6105048.3540	518567.0157
15	Kaišiadorys	54.8652	24.4586	6081101.0400	529436.9488
16	Kėdainiai	55.2870	23.9846	6127951.0560	499020.1588
17	Prienai	54.6366	23.9502	6055564.7560	496782.2803
18	Raseiniai	55.3796	23.1225	6138611.7670	444386.4505
19	Klaipėda	55.6979	21.1558	6177357.8810	321224.9532
20	Nida	55.3101	21.0103	6134601.9800	310224.1202
21	Palanga	55.9222	21.0756	6202528.7660	317236.2584
22	Kretinga	55.8857	21.2379	6198050.6530	327219.0564
23	Skuodas	56.2684	21.5186	6239968.3230	346300.1307
24	Šilutė	55.3477	21.4753	6137617.1670	339885.0638
25	Marijampolė	54.5561	23.3567	6046792.8760	458389.0676
26	Kalvarijos	54.4138	23.2266	6031048.3250	449798.7556

27	Kazlų Rūda	54.7482	23.4913	6068106.6590	467248.0854
28	Šakiai	54.9539	23.0456	6091296.7620	438869.3989
29	Vilkaviškis	54.6573	23.0318	6058303.0630	437524.5834
30	Panevėžys	55.7358	24.3544	6177968.8800	522258.3141
31	Biržai	56.1983	24.7529	6229655.1180	546724.3966
32	Kupiškis	55.8358	24.9867	6189480.9180	561808.3806
33	Pasvalys	56.0627	24.4015	6214374.0420	525007.7652
34	Rokiškis	55.9554	25.5868	6203498.4050	599091.3410
35	Šiauliai	55.9314	23.3062	6199903.8860	456641.2634
36	Naujoji Akmenė	56.3200	22.8916	6243495.9800	431433.9455
37	Joniškis	56.2353	23.6117	6233583.3710	475922.2365
38	Kelmė	55.6318	22.9339	6166849.6360	432864.5462
39	Pakruojis	55.9799	23.8530	6205096.1780	490822.7785
40	Radviliškis	55.8115	23.5413	6186436.4920	471249.3404
41	Tauragė	55.2499	22.2853	6125164.9010	390981.7316
42	Jurbarkas	55.0823	22.7510	6105881.1800	420250.2652
43	Pagėgiai	55.1382	21.9098	6113386.2250	366737.3814
44	Šilalė	55.4911	22.1820	6152180.0730	385114.7058
45	Telšiai	55.9841	22.2405	6206945.8910	390201.6105
46	Mažeikiai	56.3112	22.3331	6243217.5710	396861.8572
47	Plungė	55.9120	21.8418	6199632.7640	365074.6808
48	Rietavas	55.7251	21.9214	6178672.3790	369427.5026
49	Utena	55.4988	25.6091	6152707.4380	601667.7448
50	Molėtai	55.2266	25.4154	6122142.0130	590042.2249
51	Ignalina	55.3395	26.1600	6135922.6170	637020.8521
52	Anykščiai	55.5246	25.1016	6154958.2900	569556.7071
53	Visaginas	55.5965	26.4435	6165113.8200	653995.5282
54	Zarasai	55.7365	26.2503	6180283.9750	641311.8128

Darbo autorius: Artūras Kmeliauskas

.....  
(parašas)

Mokslinis vadovas: dr. Artūras Baurėnas

.....  
(parašas)

Recenzentas: dr. Darijus Veteikis

.....  
(parašas)

Atsakingas už darbo parengimą: GMF Kartografijos centras  
Kartografijos centro vedėjas:

doc. dr. Albinas Pilipaitis

.....  
(parašas)

Įvertinimas:.....  
(balas, balas raštu)

Baigiamųjų magistro darbų gynimo  
Komisijos pirmininkas

.....  
(m. v., m. l., v. pavardė, parašas)

200.....m. ....mėn. ....d.  
(darbo gynimo data)