



VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

APLINKOS INŽINERIJOS FAKULTETAS

GEODEZIJOS IR KADASTRO KATEDRA

Jelena Pavliukovič

**GEODUOMENŲ GAVIMO INTERNETINĖJE ERDVĖJE IR
FOTOGRAMETRINĖMIS SISTEMOMIS ANALIZĖ**

**ANALYSIS OF GEODATA ACQUISITION FROM INTERNET AND USING
PHOTOGRAMMETRIC SYSTEM**

Baigiamasis magistro darbas

Geodezijos ir kartografijos studijų programa, valstybinis kodas 621H14003

Kadastro informacinės sistemos specializacija

Bendrosios inžinerijos studijų kryptis

Vilnius, 2012

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
APLINKOS INŽINERIJOS FAKULTETAS
GEODEZIJOS IR KADASTRO KATEDRA

TVIRTINU
Katedros vedėjas

(Parašas)

Vladislovas Česlovas Aksamitauskas

(Vardas, pavardė)

(Data)

Jelena Pavliukovič

**GEODUOMENŲ GAVIMO INTERNETINĖJE ERDVĖJE IR
FOTOGRAMETRINĖMIS SISTEMOMIS ANALIZĖ**

**ANALYSIS OF GEODATA ACQUISITION FROM INTERNET AND USING
PHOTOGRAMMETRIC SYSTEM**

Baigiamasis magistro darbas

Geodezijos ir kartografijos studijų programa, valstybinis kodas 621H14003

Kadastro informacinės sistemos specializacija

Bendrosios inžinerijos studijų kryptis

Vadovas

doc. dr. Birutė Ruzgienė

(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė)

(Parašas)

(Data)

Lietuvių kalbos konsultantas

lekt. Regina Žukienė

(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė)

(Parašas)

(Data)

Vilnius, 2012

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
APLINKOS INŽINERIJOS FAKULTETAS
GEODEZIJOS IR KADASTRO KATEDRA

Bendrosios inžinerijos studijų kryptis

Geodezijos ir kartografijos studijų programa, valstybinis kodas 621H14003

Kadastro informacinės sistemos specializacija

TVIRTINU

Katedros vedėjas

(Parašas)

Vladislovas Česlovas Aksamitauskas

(Vardas, pavardė)

(Data)

**BAIGIAMOJO MAGISTRO DARBO
UŽDUOTIS**

Nr.

Vilnius

Studentui (ei) Jelenai Pavliukovič

(Vardas, pavardė)

Baigiamojo darbo tema: Geoduomenų gavimo internetinėje erdvėje ir fotogrametrinėmis sistemomis analizė

patvirtinta 2010 m. lapkričio 3 d. dekanu potvarkiu Nr. 386ap.

Baigiamojo darbo užbaigimo terminas 2012 m. gegužės 25 d.

BAIGIAMOJO DARBO UŽDUOTIS:

Išnagrinėti geografinių duomenų gavimo būdus bei šaltinius. Išanalizuoti geoduomenų gavimo galimybes, naudojantis skaitmeniniais žemėlapiais internetinėje erdvėje. Atlikti fotografinių vaizdų apdorojimą fotogrametrinėmis sistemomis ir išanalizuoti rezultatus. Internetinėje aplinkoje interaktyviu būdu nustatyti objektų padėtis skaitmeniniuose žemėlapiuose. Atlikti gautųjų rezultatų palyginimą bei tikslumo analizę.

Baigiamojo darbo rengimo konsultantai: lekt. Regina Žukienė

(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė)

Vadovas

(Parašas)

doc. dr. Birutė Ruzgienė

(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė)

Užduotį gavau

(Parašas)

Jelena Pavliukovič

(Vardas, pavardė)

2010 - 10 - 20

(Data)

Vilniaus Gedimino technikos universitetas
Aplinkos inžinerijos fakultetas
Geodezijos ir kadastro katedra

ISBN ISSN
Egz. sk.
Data-....-....

Antrosios pakopos studijų **Geodezijos ir kartografijos** programos baigiamasis darbas
Pavadinimas **Geoduomenų gavimo internetinėje erdvėje ir fotogrametrinėmis sistemomis analizė**
Autorius **Jelena Pavliukovič**
Vadovas **doc. dr. Birutė Ruzgienė**

Kalba
☒ X lietuvių
☐ užsienio

Anotacija

Baigiamajame magistro darbe nagrinėjamas geografinių duomenų gavimo internetinėje erdvėje ir fotogrametrinėmis sistemomis galimybės. Išnagrinėti geografinių duomenų šaltiniai, kuriais remiantis pateikiami skaitmeniniai GIS duomenys. Apžvelgiamos šiuolaikinės skaitmeninės fotogrametrinės sistemos, naudojamos fotografiniams vaizdams apdoroti ir skaitmeniniams vietovės modeliams kurti. Išanalizuotos dažniausiai naudojamos skaitmeninių žemėlapių svetainės internetinėje aplinkoje.

Taikant skaitmeninės fotogrametrijos metodus, Vilniaus miesto aerofotonuotraukos apdorotos skaitmeninėmis fotogrametrinėmis programinėmis sistemomis *LISA* (Hanoverio universitetas, Vokietija) ir *DDPS* (Liege universitetas, Belgija ir Varšuvos Geodezijos ir kartografijos institutas, Lenkija). Atlikta aerofotografinių vaizdų orientavimo, reljefo modelio ir ortofotografinės nuotraukos generavimo procesų analizė bei išnagrinėtas fotogrametrinių matavimų tikslumas.

Interaktyviuoju būdu skaitmeniniuose žemėlapiuose internetinėje erdvėje (*www.maps.lt*, *Google Earth*) atlikti geoduomenų gavimo eksperimentiniai matavimai.

Pateikiama fotogrametrinių matavimų aerofotografinėje medžiagoje bei matavimų skaitmeniniuose žemėlapiuose internetinėje aplinkoje gautų rezultatų palyginamoji tikslumo analizė.

Remiantis teorinės ir praktinės geografinių duomenų gavimo internetinėje erdvėje ir fotogrametrinėmis sistemomis analizės rezultatais, pateikiamos baigiamojo darbo išvados.

Darbą sudaro: įvadas, keturi skyriai, išvados, literatūros sąrašas.

Darbo apimtis – 74 p. teksto be priedų, 33 iliustr., 8 lent., 30 bibliografinių šaltinių.

Priedami darbo priedai.

Prasminiai žodžiai: geografiniai duomenys, ortofotografinis žemėlapis, vaizdų apdorojimas, skaitmeniniai žemėlapiai internetinėje erdvėje.

Vilnius Gediminas Technical University
Faculty of Environmental Engineering
Department of Geodesy and Cadastre

ISBN ISSN
Copies No.
Date-....-....

Master Degree Studies **Geodesy and Cartography** study programme Final Thesis

Title **Analysis of Geodata Acquisition from Internet and Using Photogrammetric System**

Author **Jelena Pavliukovič**

Academic supervisor **Assoc. Prof. Dr. Birutė Ruzgienė**

Thesis language

☒ X

Lithuanian

☐

Foreign (English)

Annotation

In the final master thesis there are investigated the possibilities of acquiring geospatial data in WEB space and using photogrammetric systems. Geographic data sources, on which the digital GIS data can be extracted, are analyzed. The modern photogrammetrical digital systems used for photographic images processing and for generation of digital terrain models are overviewed. The most commonly used digital mapping WEB site environment is analyzed.

Applying the digital photogrammetry techniques, experimental materials – Vilnius aerial photographs have been processed using photogrammetric digital workstations *LISA* (University of Hanover, Germany) and *DDPS* (University of Liege, Belgium and Warsaw Institute of Geodesy and Cartography, Poland). The analysis of aerial photographs orientation, terrain models and orthophotographs generation processes was carried out and accuracy of photogrammetric measurements have been examined.

The final work involve results of geodata obtaining experimental measurements performed interactively in digital space of online maps (*www.maps.lt*, *Google Earth*).

The comparison accuracy analysis of the results obtained from photogrammetric measurements using aerial photography material and measurements on digital maps in online space is presented.

The final conclusions, based on theoretical and practical aspects for geodata acquisition using online and photogrammetric systems, are presented.

Structure: introduction, four chapters, conclusions, references.

Thesis consist of: 74 p. text without appendixes, 33 pictures, 8 tables, 30 bibliographical entries.

Appendixes included.

Keywords: geographic data, ortophoto map, image processing, digital maps online.

(Baigiamojo darbo sąžiningumo deklaracijos forma)

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

Jelena Pavliukovič, 20095257

(Studento vardas ir pavardė, studento pažymėjimo Nr.)

Aplinkos inžinerijos fakultetas

(Fakultetas)

Geodezija ir kartografija, KISmf - 10

(Studijų programa, akademinė grupė)

**BAIGIAMOJO DARBO (PROJEKTO)
SĄŽININGUMO DEKLARACIJA**

2012 m. gegužės 25 d.

Patvirtinu, kad mano baigiamasis darbas (projektas) tema „Geoduomenų gavimo internetinėje erdvėje ir fotogrametrinėmis sistemomis analizė“ patvirtintas 2010 m. lapkričio 3 d. dekanų potvarkiu Nr. 386ap, yra savarankiškai parašytas. Šiame darbe (projekte) pateikta medžiaga nėra plagijuota. Tiesiogiai ar netiesiogiai panaudotos kitų šaltinių citatos pažymėtos literatūros nuorodose.

Prenkant ir įvertinant medžiagą bei rengiant baigiamąjį darbą (projektą), mane konsultavo mokslininkai ir specialistai: Regina Žukienė. Mano darbo (projekto) vadovas doc. dr. Birutė Ruzgienė.

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

(Parašas)

Jelena Pavliukovič

(Vardas ir pavardė)

TURINYS

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS	8
LENTELIŲ SĄRAŠAS	9
ĮVADAS	10
1. LITERATŪROS ŠALTINIŲ APŽVALGA.....	13
2. GEOGRAFINIŲ DUOMENŲ GAVIMO ŠALTINIAI.....	17
3. INTERNETINIŲ ŽEMĖLAPIŲ IR FOTOGRAMETRINIŲ SISTEMŲ APŽVALGA	24
3.1. Skaitmeniniai žemėlapiai internetinėje erdvėje	24
3.2. Skaitmeninės fotogrametrinės sistemos	33
4. GEODUOMENŲ GAVIMAS INTERNETINIUOSE ŽEMĖLAPIUOSE IR FOTOGRAMETRINĖMIS SISTEMOMIS	38
4.1. Aerofotonuotraukų apdorojimas	40
4.1.1. Skaitmeninių fotonuotraukų orientavimas	41
4.1.2. Ortofotografinio žemėlapių sudarymas	49
4.2. Objektų padėties nustatymas.....	54
4.2.1. Fotogrametriniai matavimai aerofotografinėje medžiagoje	54
4.2.2. Interaktyvūs matavimai internetiniuose žemėlapiuose	59
4.3. Matavimų skaitmeniniuose žemėlapiuose rezultatų analizė ir įvertinimas.....	65
IŠVADOS	72
LITERATŪRA	73
PRIEDAI	75
A priedas. Žemėlapių internetinėje aplinkoje palyginimas	76
B priedas. Pagrindinės skaitmeninės fotogrametrinės sistemos funkcijos	77
C priedas. Atramos taškų išdėstymo schemas ir abrisai.....	78
D priedas. Atramos taškų koordinatinių katalogas	80
E priedas. Respublikinės mokslo konferencijos „Civilinė Inžinerija ir Geodezija“ dienotvarkė.....	81
F priedas. Tarptautinio seminaro „Competences for Modern Cartography“ dienotvarkė.....	82
G priedas. Straipsnis.....	83

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

2.1 pav. Virš Žemės skriejantys GPS palydovai	18
2.2 pav. Žemės paviršiaus aerofotografavimas	19
2.3 pav. Lazerinio skenavimo <i>LIDAR</i> principas (Kager 2005).....	22
3.1 pav. <i>Quadtree</i> žemėlapių struktūra	25
3.2 pav. Žemėlapių skirstymo sistema	26
3.3 pav. Palydovinės nuotraukos <i>Google Earth</i> aplinkoje ištrauka	27
3.4 pav. Ortofotonuotraukų ištraukos <i>Maps.lt</i> aplinkoje: a) senesne – 2005 – 2006 m., b) naujesne – 2009 – 2010 m.	29
3.5 pav. Palydovinės nuotraukos ištrauka <i>Google Maps</i> aplinkoje (http://maps.google.com/).....	31
3.6 pav. Palydovinės nuotraukos ištrauka <i>ACME Mapper</i> erdvėje (http://mapper.acme.com/).....	31
3.7 pav. <i>Bing Maps</i> aplinkoje 3D žemėlapių ištrauka (http://www.bing.com/maps).....	32
3.8 pav. Skaitmeninė fotogrametrinė stotis <i>SOCET SET BAE Systems</i> (Solutions 2001).....	33
3.9 pav. Skaitmeninė fotogrametrinė darbo stotis su <i>VrTwo</i> programine sistema.....	34
3.10 pav. Skaitmeninė fotogrametrinė stotis <i>PHOTOMOD</i>	36
3.11 pav. Plokščiojo monitorius veikimo schema.....	36
4.1 pav. Eksperimentinės vietovės kosminės nuotraukos fragmentas – Žirmūnų raj., Vilnius	38
4.2 pav. Aerofotonuotraukų stereopora: a) kairioji – 273; b) dešinioji – 274.....	39
4.3 pav. Aerofotokameros <i>RMK TOP</i> kalibravimo sertifikato ištrauka.....	39
4.4 pav. Fotogrametrinio kartografavimo technologinė schema (Linder 2003)	40
4.5 pav. Kairiosios aerofotonuotraukos vidinio orientavimo <i>LISA</i> programa rezultatai.....	42
4.6 pav. Dešinėsios aerofotonuotraukos vidinio orientavimo <i>LISA</i> programa rezultatai	43
4.7 pav. Kairiosios aerofotonuotraukos vidinio orientavimo rezultatai <i>DDPS</i> programa	43
4.8 pav. Dešinėsios aerofotonuotraukos vidinio orientavimo rezultatai <i>DDPS</i> programa	44
4.9 pav. Kairiosios aerofotonuotraukos absoliučiojo orientavimo rezultatai su <i>LISA</i> programa.....	47
4.10 pav. Dešinėsios aerofotonuotraukos absoliučiojo orientavimo rezultatai su <i>LISA</i> programa..	48
4.11 pav. Absoliučiojo orientavimo rezultatai su fotogrametrine <i>DDPS</i> programa	48
4.12 pav. Ortofotografinio vaizdo ir aerofotonuotraukos geometriniai principai (Linder 2003).....	50
4.13 pav. Ortofotografinė nuotrauka: a) <i>LISA</i> , b) <i>DDPS</i>	51
4.14 pav. Matavimo rezultatų su fotogrametrine sistema <i>LISA</i> fragmentas	55
4.15 pav. Matavimo rezultatų su fotogrametrine sistema <i>DDPS</i> ištrauka	56
4.16 pav. Koordinatų nustatymas ortofotonuotraukoje (www.maps.lt/map).....	59
4.17 pav. Taškų identifikavimas <i>Google Earth</i> programoje	62
4.18 pav. Planimetrinių koordinatų nuokrypių ΔX pasiskirstymas	69
4.19 pav. Planimetrinių koordinatų nuokrypių ΔY pasiskirstymas	70

LENTELIŲ SĄRAŠAS

2.1 lentelė. Palydovų duomenys.....	21
4.1 lentelė. Taškų koordinatės, nustatytos fotogrametrinėmis sistemomis <i>LISA</i> ir <i>DDPS</i>	56
4.2 lentelė. Taškų koordinatės, nustatytos <i>Maps.lt</i> ortofotografiniame žemėlapyje.....	60
4.3 lentelė. Taškų koordinatės, nustatytos <i>Google Earth</i> kosminėje nuotraukoje.....	63
4.4 lentelė. Išmatuotų taškų koordinatinių nuokrypiai	66
4.5 lentelė. Taškų koordinatinių tikslumo duomenys.....	69
4.6 lentelė. Planimetrinių koordinatinių nuokrypių pasiskirstymas	69
4.7 lentelė. Išmatuotų taškų koordinatinių tikslumo tyrimo rezultatai	70

IVADAS

Mūsų kasdieniame gyvenime vis labiau įsitvirtina informacinių technologijų naujovės, su jomis ir skaitmeniniai žemėlapiai. Šiuolaikiniai žemėlapiai kuriami kompiuteriais, dažniausia pasitelkiant geografinės informacinės sistemas (toliau – GIS). Šios sistemos yra skirtos skaitmeniniams erdvės duomenims kaupti, saugoti, vaizduoti, redaguoti, integruoti ir analizuoti. GIS žemėlapius sudaro atskiri informacijos sluoksniai, kuriuose saugoma tam tikra informacija (pvz., reljefas, keliai, pastatai, saugomi gamtos objektai, upės ir kt.).

Geografinės informacinės sistemos – tai informacinės sistemos dalis, organizuojama geografiniu principu, t. y. dirbanti ne tik su aprašomąja (lentelių, atributine ir kt.), bet ir su koordinuota – orientuota erdvėje, informacija. Sparčiausias informacinių technologijų žengimas geografijos link prasidėjo prieš keletą dešimtmečių ir tęsiasi iki šiol, apimdamas vis platesnes veiklos sritis. Svarbi GIS veiklos sritis – skaitmeninių žemėlapių kūrimas.

Žemėlapių sudarymo metodus, naudojant aerofotonuotraukas, nagrinėja fotogrametrijos bei stereofotogrametrijos mokslinės disciplinos, o kiekybinės bei kokybinės informacijos apie kartografuojamus gamtos bei dirbtinius objektus, esančius žemės paviršiuje, išaiškinimą ir surinkimą – speciali taikomojo mokslo disciplina – aerofotonuotraukų dešifravimas.

Žemės paviršius fotografuojamas iš nuolat veikiančių Žemės palydovinių sistemų: *LANDSAT* (JAV), *SPOT* (Prancūzija), *IKONOS* (JAV), *QuickBird* (JAV) ir kt. Sparčiai didėjant informacinių technologijų išsivystymo lygiui, sąlyginai nedidelei kainai, atsiranda galimybės naudoti aerofotonuotraukoms alternatyvius, aukštos skiriamosios gebos kosminių sistemų pateikiamus kosminius vaizdus.

Interaktyvus žemėlapis – tai modernus skaitmeninės geografinės informacijos perteikimo būdas, suteikiantis XXI a. kartografijos specialistams naujų galimybių tobulinant žemėlapi kaip visų pirma komunikacinę priemonę tarp duomenų ir jų naudotojų. Nekyla abejonių dėl interaktyviuose žemėlapuose įgyvendinamos geografinės informacijos peržiūros, valdymo ir analizės funkcionalumo, jų svarbos bei naudos kartografijoje, tačiau naujos ir sudėtingos technologijos atskleidžia metodinių žinių stoką, kai kalbama apie jų taikymo efektyvumą.

Darbo aktualumas ir naujumas. Aerofotonuotraukos ir kosminiai vaizdai yra vieni svarbiausių ir pagrindinių informacijos apie Žemės paviršių ir jame esančių objektų rinkimo priemonių. Tai kartografavimo ir objektų įvertinimo bei aprašymo metodų techninis pagrindas. Be jų dabar neįmanoma padaryti topografinių Žemės paviršiaus nuotraukų, sudaryti topografinių bei teminių žemėlapių, atlikti miškotvarkos bei žemėtvarkos darbų.

Nūdienos kartografavimo technologijose plačiai taikomi skaitmeninės fotogrametrijos metodai. Šiais metodais apdorojami visų rūšių fotografiniai vaizdai, gauti pasyviuoju fotografiniu ar aktyviuoju būdais, fotografuojant Žemės paviršių iš Žemės atmosferos ar iš kosmoso iš bet kurios

fotografuoti naudojamos priemonės (orlaivių ar kosminių aparatų) bei fotografuojant objektus iš artimų nuotolių.

Taikant skaitmeninės fotogrametrijos technologiją sukuriama skaitmeniniai Žemės paviršiaus aukščių modeliai, atliekami pavienių objektų stereoskopiniai matavimai bei generuojamos skaitmeninės ortofotografinės nuotraukos, kurios plačiai naudojamos įvairiuose srityse: atliekant tikslius objektų matavimus, projektuojant teritorijų infrastruktūrą, žemės naudojimo sklypus, gerinant kelių bei susisiekimo tinklus ir kt.

Interneto žemėlapių svetainėse pateikiama išsami ir įvairi informacija apie Žemės paviršiuje esančius duomenis. Pvz., Lietuvos teritorijos skaitmeniniai žemėlapiai internetinėje erdvėje *Maps.lt* ypač aktualūs, juose pateikiama informacija nuolat papildoma ir atnaujinama.

Viena iš pagrindinių problemų, sprendžiamų šiuolaikinėmis informacinėmis sistemomis, yra apibrėžti įvairių Žemės paviršiaus objektų padėtį bei paskirtį, naudojant fotografinius vaizdus. Nagrinėjama skaitmeninių geografinių duomenų, pateiktų internetinėje erdvėje bei sukurtų skaitmeninėmis fotogrametrinėmis sistemomis, ortofotografinių žemėlapių informacijos sąsaja ir skaitmeninių žemėlapių taikymo tikslingumas patikimai, aiškiai bei tiksliai vaizduojant kartografuojamosios vietovės objektus.

Darbo tikslas – atlikti geoduomenų gavimo internetinėje erdvėje ir fotogrametrinėmis sistemomis analizę, nustatyti objektų padėties skaitmeniniuose žemėlapiuose bei įvertinti rezultatų tikslumą.

Darbo uždaviniai:

- ✓ išnagrinėti geografinių duomenų gavimo šaltinius;
- ✓ apžvelgti šiuolaikines skaitmenines fotogrametrines sistemas, naudojamas fotografiniams vaizdams apdoroti ir skaitmeniniams vietovės modeliams kurti;
- ✓ išanalizuoti skaitmeninius žemėlapius internetinėje erdvėje;
- ✓ sukurti fotogrametriniais metodais stereoskopinius modelius ir atlikti matavimus;
- ✓ surinkti interaktyviuoju būdu geoduomenis skaitmeniniuose žemėlapiuose internetinėje aplinkoje;
- ✓ atlikti gautųjų rezultatų palyginimą bei tikslumo analizę.

Tyrimo objektas. Vilniaus miesto aerofotografinė medžiaga, kosminių vaizdų duomenys bei ortofotografinės nuotraukos.

Darbo aprobacija:

- ✓ Respublikinėje mokslo konferencijoje „Civilinė inžinerija ir geodezija“, vykusioje 2010 m. spalio 22 d., pristatytas pranešimas tema „*Skaitmeninės programinės sistemos geoduomenims gauti*“;
- ✓ Tarptautiniame seminare „Competences for Modern Cartography“, vykusiame 2011 m.

balandžio 8 d., pristatytas pranešimas tema „*Gaining cartographic data using WEB, GIS and photogrammetric approach*“.

Darbo struktūra. Baigiamąjį darbą sudaro įvadas, keturi skyriai, išvados, literatūros šaltinių sąrašas ir priedai.

Pirmajame skyriuje pateikta literatūros šaltinių apžvalga.

Antrajame skyriuje aprašyti geografinių duomenų gavimo, tiesiogiai renkant arba perkeltant iš kitų sistemų, šaltiniai: geodezinė nuotrauka, aerofotonuotrauka, antžeminė nuotrauka, palydovinės nuotraukos ir kt.

Trečiajame skyriuje išanalizuota skaitmeniniai žemėlapiai internetinėje erdvėje bei skaitmeninės fotogrametrinės sistemos, jų funkcijos.

Ketvirtajame skyriuje atliktas skaitmeninėmis fotogrametrinėmis sistemomis *LISA* (Berlynas, Vokietija) ir *DDPS* (Varšuva, Lenkija ir Belgija) aerofotonuotraukų apdorojimas. Interaktyviuoju būdu internetinėje erdvėje ir fotogrametriniais matavimais skaitmeniniuose žemėlapiuose nustatyta geoobjektų padėtis. Pateikta rezultatų analizė ir tikslumo įvertinimas.

1. LITERATŪROS ŠALTINIŲ APŽVALGA

Siekiant išnagrinėti geografinių duomenų gavimą internetinėje erdvėje ir fotogrametrinėmis sistemomis, atlikta literatūros šaltinių analizė, t. y. apžvelgti moksliniai straipsniai, vadovėliai ir kt.

Geografinę informaciją sudaro duomenys apie Žemės paviršių, jos gelmes ir atmosferą. Geografiniai duomenys tai informacija, kuri turi būti susieta su padėtimi erdvėje. Todėl manoma, kad dažniausiai geografinę informaciją, ypatingai erdvinę, gauname iš žemėlapių. Tačiau tai ne vienintelis duomenų šaltinis. Informacija gali būti gaunama atliekant tiesioginius matavimus, naudojant lėktuvus (aeronuotrauka) ir palydovus (palydoviniai vaizdai), perkelti ją į duomenų bazę iš įvairių magnetinių laikmenų (Tumas 2006).

Fotogrametriniai metodai plačiai taikomi sudarant topografinius žemėlapius, atliekant žemėtvarkos ir miškotvarkos darbus, kartografuojant architektūrinius paminklus ir kt. Matyt, ir ateityje aerofotografavimo darbai, kurių rezultatais remiamasi konstruojant aerofotografines nuotraukas, ir ypač ortofotografinius žemėlapius, nenutrūks, o gausės. Visi objektai, matomi aerofotografinėse nuotraukose, iki šiol yra kartografuojami klasikiniiais fotogrametriniais metodais, tačiau tai užima daug laiko bei reikalingi aukštos kvalifikacijos operatoriai. Dabar yra sukurta automatinių arba pusautomačių sistemų objektų trimačiams modeliams iš fotonuotraukų kurti. Kadangi erdvinių statinių, ypač miestų teritorijose, modelių kūrimo poreikis ateityje didės, sprendžiama, kuris metodas objektų erdvinei padėčiai nustatyti yra efektyvesnis, atsižvelgiant į ekonomines sąlygas, laiko sąnaudas bei tikslumo reikalavimus (Ruzgienė 2008).

Pastaraisiais dešimtmečiais sparčiai tobulėjant kompiuteriniai technikai, sukūrus naujus skaičiavimo algoritmus bei atsiradus šiuolaikinėms fotonuotraukų gavybos technologijoms fotogrametrijos mokslas nuo analoginės bei analitinės fotogrametrijos perėjo prie kito etapo – skaitmeninės fotogrametrijos. Skaitmeninės fotogrametrijos procedūros bei aerofotonuotraukų apdorojimo uždaviniai įsisavinami skaitmeninėmis fotogrametrinėmis programinėmis sistemomis *DDPS* (angl. *Didactic Digital Photogrammetric Software*) sukurta Liege (Belgija) universitete bei Varšuvos (Lenkija) Geodezijos ir kartografijos institute ir *LISA* – Hanoverio (Berlynas, Vokietija) universitete. Skaitmeninėmis fotogrametrinėmis programinėmis sistemomis – fotogrametrinėmis darbo stotimis (*DDPS* ir *LISA*) atliekamos fotogrametrinės procedūros, ir taip sukuriama trimačiai skaitmeniniai vietovės paviršiaus modeliai. Siekiant didžiausio geoduomenų generavimo iš aerofotonuotraukų produktyvumo ir efektyvumo, ištiriamas fotogrametrinių programinių sistemų funkcionalumas, galimybės, privalumai ir trūkumai bei parenkama optimali technologija (Ruzgienė 2007).

Naujieji skaitmeniniai metodai vis aktualesni kuriant kartografinę produkciją ir lemia kartografavimo proceso efektyvumą. Tai pažangūs kartografavimo būdai, kai matavimai skaitmeniniuose fotografiniuose vaizduose atliekami automatiškai ar pusiau automatiniu būdu.

Taikant skaitmeninės fotogrametrijos technologiją sukuriama skaitmeniniai žemės paviršiaus aukščių modeliai, atliekami pavienių objektų stereoskopiniai matavimai bei generuojamos skaitmeninės ortofotografinės nuotraukos (Linder 2003).

Ortofotografinis žemėlapis – unikalus skaitmeninis kartografijos kūrinys su spalvotu fotografiniu miesto atvaizdu, būdingomis pastatų vaizdavimo perspektyvomis. Kartografinis ortofotografinių žemėlapių tikslumas apibūdinamas vaizduojamųjų kontūrų padėties (planimetriniu) tikslumu ir turinio detalumu – vietovės detalių perteikimu. Žemės paviršiaus reljefo nuotrauka neprojektuojama. Pavieniais atvejais ji gali būti padaryta stereofotogrametriniu metodu kartu su pastatų nuotrauka. Ortofotografinio žemėlapio detalumą apibūdina vaizdavimo elemento – pikselio dydis. Jis numatomas 10 μ m (0,10 m vietovėje). Atpažįstama laikoma 2 – 3 pikselių didžio vietovės detalė. Labai svarbu yra tinkami aerofotonuotraukos parametrai ir gera aparatūra bei filmo kokybė. Kai galima, reikia fotografuoti tinkamų parametrų skaitmenine aerofotokamera. Pageidautinos didesnės aerofotovaizdų sanklotos. Būtinai skersiniai aerofotonuotraukos maršrutai. Lietuvos miestų ortofotografiniai žemėlapiai sudaromi LKS-94 koordinatinių sistemoje. Elipsoidas tarptautinis – GRS 80 (*Geodetic Reference System*). Elipsoidinėms koordinatėms projektuoti į plokštumą taikoma modifikuota skersinė cilindrinė Merkatoriaus (angl. *UTM – Universal Transverse Mercator*) kartografinė projekcija. Ašiniu šios projekcijos zonos meridianu Lietuvoje laikomas $L_0 = 24^\circ$ (Kauno meridianas), ties kuriuo projekcijos mastelis $m_0 = 0,9998$. Mastelio pokytis čia neigiamas santykiu 1:5 000. Visa Lietuvos teritorija telpa į vieną 6° zoną (Sužiedelytė-Visockienė 2004).

Straipsnyje „Skaitmeninio reljefo modelio kūrimo metodai ir tikslumo tyrimas, taikant skaitmeninės fotogrametrijos technologiją“ (Ruzgienė 2010) aprašomi skaitmeninės fotogrametrijos metodai, taikomi ortofotografiniams žemėlapiams sudaryti. Šiam tikslui aerofotonuotraukos orientuojamos, ir formuojamas skaitmeninis Žemės paviršiaus reljefo modelis (*DEM*), skaitmeniniu ortofotografiniu transformavimo būdu atliekamas aerofotonuotraukų geometrinis apdorojimas – pašalinami geometriniai iškraipymai, atsiradę dėl fotokameros posvyrio, dėl centrinės projekcijos ir reljefo įtakos. Ypač svarbu skaitmeninį Žemės paviršiaus reljefo modelį sukurti tokio tikslumo, kad būtų užtikrinta gera geometrinė skaitmeninių fotografinių vaizdų transformavimo kokybė. Šiam tikslui analizuojami konkrečios vietovės reljefo ypatumai. Jei reljefas nėra labai raižytas, geriausias rezultatas gaunamas, kai reljefas modeliuojamas kuo tankesnio adaptivityvio interpoliavimo būdu sukurtame *TIN*. Skaitmeninės fotogrametrijos procesai eksperimentiškai analizuoti Aerogeodezijos institute (Kaunas) aerofotonuotraukas apdorojus skaitmenine fotogrametrine darbo stotimi *PHOTOMOD*. Šia programine sistema generuotas reljefo modelis (*DEM*) bei ortofotografinė nuotrauka, atlikus aerofotografinių vaizdų vidinį, reliatyvųjį bei absoliutųjį orientavimą. Skaitmeninis reljefo modeliavimas atliktas sukuriant netaisyklingų trikampių tinklinius modelius – *TIN* (angl. *Triangulated Irregular Network*), sudarytus iš nesutampančių trikampių. Taikyti šie

paviršiaus interpoliavimo metodai: adaptyvusis, glodusis (angl. *Inverse Distance Weighted (IDW)*) ir reguliarusis (angl. *Radial Basis Functions (RBF)*). Atlikta palyginamoji skaitmeninių reljefo modelių, taikant skirtingus reljefo interpoliavimo metodus, analizė. Rekomenduojama taikyti adaptyvią reljefo interpoliavimo metodą. Skaitmeninė programinė įranga *LISA* (Berlynas, Vokietija) taikyta skaitmeninio vietovės reljefo modelio kokybei tirti ir tikslumui vertinti.

Naujai sukurtas ir pastaruju metu geografinėi informacijai apie erdvinį žemės paviršių kaupti pradėtas taikyti efektyvus vietovės skenavimo (zondavimo) lazeriu iš orlaivio metodas *LIDAR*, kuris suteikia dideles žemės paviršiaus, ypač reljefo, taip pat pastatų ir kitų objektų modeliavimo ir tyrimo galimybes. Straipsnyje (Žalnierukas ir kt. 2006) pateikiamos šio metodo technologinės ypatybės, taikymo Lietuvoje galimybės ir efektyvumas. Apibūdinama aparatūra, analizuojamos paklaidų priežastys ir rezultatų tikslumas. Nustatyta, kad horizontalusis tikslumas esti apie ± 50 cm, o aukščių $\pm 10 - 30$ cm, skenuojant atvirą vietovę maždaug iš 1000 m aukščio. Lyginama su aerofotonuotraukos būdu. Teigiama, kad reljefo nuotrauka, atliekant lazerinį skenavimą, ypač miškingoje ar pastatais užstatytoje vietovėje, yra tiksli ir labai efektyvi. Topografijos poreikiams skenavimą lazeriu rekomenduojama atlikti kartu su integruota skaitmenine kamera ir sudaryti ortofotografinius žemėlapius. Nurodoma, kad Lietuvoje lazerinį skenavimą iš orlaivio galima efektyviai taikyti stambiųjų mastelių žemėlapių, ypač miškingų plotų, reljefo nuotraukai atnaujinti, taip pat miškotvarkoje bei pastatų ir miestų 3D modeliams pagal GIS poreikius sukurti.

Straipsnyje (Žalnierukas ir kt. 2009), remiantis kontrolinių geodezinių matavimų ir užsienio autorių tyrinėjimų duomenimis, vertinamas bei analizuojamas Lietuvos miestų *LIDAR* nuotraukų, ypač taškų aukščių, faktinis tikslumas. Darbo tikslas – *LIDAR* metodo tikslumo įvertinimas ir taikymo miestų stambiojo mastelio erdviniams modeliams kurti galimybių tyrimas. Pateikiama Lietuvoje pirmą kartą darytų dešimties didžiųjų miestų – apskričių centrų skenavimo lazeriu iš orlaivio (*LIDAR*) išsami tikslumo analizė. Apibūdinama aparatūra, technologinės ypatybės, taip pat aerofotonuotrauka. Nurodoma, kad erdviniams miestų modeliams sudaryti taikyta pažangi jungtinė technologija: lazerinis skenavimas iš oro *GPS-IMU* sistema ir skaitmeninė 1:6000 mastelio aerofotonuotrauka. Vietovės skenavimo lazeriu tikslumas vertintas remiantis kontrolinių geodezinių taškų ir referencinių plotų (laukų) matavimų (*UAB Aerogeodezijos institutas, UAB InfoERA*) bei užsienio autorių *LIDAR* tikslumo tyrimų duomenimis. Gautieji lazerio impulsų taškų aukščių standartinių nuokrypių nuo geodezinių reikšmių įverčiai yra 0,05 – 0,11 m. Didžiausias absoliutusias planimetrinis poslinkis – 0,25 m, t. y. 1/3200 skrydžio aukščio. Daroma išvada, kad pagal tikslumo parametrus lazerinio skenavimo duomenys, sujungti su ortofotografiniu pagrindu, tinka miestų teritorijos paviršiaus, reljefo, pastatų ir kitų antžeminių objektų erdviniams 3D modeliams sukurti pagal stambiojo mastelio topografijos ir GIS poreikius.

Vadovėlyje „Fotogrametrija” (Ruzgienė 2008) apibrėžiamos pagrindinės skaitmeninės fotogrametrijos priemonės ir funkcijos, analizuojamos skaitmeninio fotogrametrinio kartografavimo procedūros. Ortofotografinė nuotrauka yra vienas iš pagrindinių informacijos šaltinių apie Žemės paviršių ir jame esančius objektus, siekiant įgyvendinti darnios, subalansuotos gyvenamosios aplinkos kūrimo idėjas. Pateikiamas vieno modelio fotogrametrinio apdorojimo, ortofotografinės nuotraukos sudarymo pavyzdys. Detaliai aprašomos skaitmeninės fotogrametrinės programinės sistemos funkcijos, nagrinėjami ortofotografinės nuotraukos generavimo procesai, aprašytas jų eiliškumas bei paaiškinami fotogrametrinių matavimų rezultatai. Pateikiami pradiniai duomenys vietovės skaitmeniniam fotogrametriniam modeliavimui bei ortofotografinėi nuotraukai sudaryti.

Geografiniams duomenims analizuoti pasirinktos pagrindinės internetinių žemėlapių svetainės:

- ✓ *Maps.lt* – interneto žemėlapių svetainė, skirta interaktyviai navigacijai teritorijoje, geografinės vietos paieškai žemėlapiuose, susipažinimui su geografinėmis duomenų bazėmis bei skaitmeniniais žemėlapiais. Interaktyvi žemėlapių svetainė sukurta *ArcGIS* technologijos programinės įrangos pagrindu. Tiesa, joje galima rasti tik Lietuvos žemėlapi, tačiau patogų ir išsamų. Galima planuoti maršrutus, ieškoti adresų. Šis žemėlapis yra gana dažnai atnaujinamas, taigi neturėtų kilti problemų dėl pasikeitusių gatvių pavadinimų;
- ✓ *Google Earth* – nedidelė internetinė programa, kuria naudojantis galima išvysti ir tyrinėti beveik bet kurią pasaulio vietą, pastatus bet kurioje Žemės rutulio vietoje. Jos „pagrindą“ sudaro milžiniška aukštos kokybės palydovinių nuotraukų bazė, kuri yra patalpinta *Google* serveriuose.

2. GEOGRAFINIŲ DUOMENŲ GAVIMO ŠALTINIAI

Elektroninės technologijos atvėrė galimybes sukurti pažangius žemės matavimo metodus: matuoti greitai ir tiksliai. Tačiau šių metodų galimybes vis tiek riboja kontrolinių taškų tankumas, žemės išgaubtumas ir vietovės reljefas. Šiuos apribojimus dabar galima panaikinti. Tam naudojami dirbtiniai žemės palydovai – juose sumontuoti radijo siųstuvai.

Geografinę informaciją sudaro duomenys apie Žemės paviršių, jos gelmes ir atmosferą. Geografiniai duomenys tai informacija, kuri turi būti susieta su padėtimi erdvėje.

GIS duomenų rinkimas yra vienas brangiausių ir didžiausių laiko sąnaudų reikalaujančių GIS diegimo etapų. Kai kurie šaltiniai teigia, kad duomenų rinkimas gali sudaryti iki 85 % GIS projekto kaštų. GIS duomenys gali būti gaunami iš įvairiausių šaltinių. Bendroju atveju, GIS duomenys gaunami juos tiesiogiai renkant arba perkeliant iš kitų sistemų.

Skiriamos dvi geografinių duomenų grupės pagal jų gavimo šaltinius:

1) pirminiai geografiniai duomenys – surenkami skaitmeniniu pavidalu siekiant tiesiogiai panaudoti GIS (GPS matavimai, skaitmeninė aerofotonuotrauka bei kosminė nuotrauka, skaitmeninė topografinė nuotrauka);

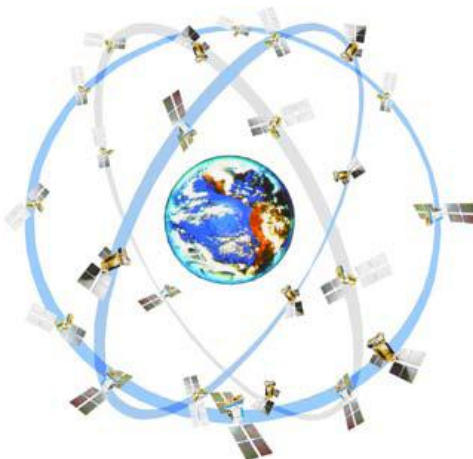
2) antrinių geografinių duomenų šaltiniai – skaitmeniniai ir analogų pavidalo duomenų rinkiniai, surinkti kitais tikslais ir konvertuojami į GIS panaudoti tinkamą pavidalą (skenuoti žemėlapiai, skaitmeniniai Žemės paviršiaus modeliai, generuoti iš izolinijų, vietovardžių duomenų bazės) (Tumas 2006).

Geografinių duomenų rinkimas vyksta keliais etapais: planavimas, pasiruošimas, skaitmeniniams (perkėlimas), redagavimas ir įvertinimas. Populiariausia pirminių rastrinių duomenų rinkimo forma yra distancinis zondavimas – informacijos apie objektų fizines, chemines ir biologines savybes gavimas be tiesioginio fizinio kontakto. Distancinio zondavimo sistemos yra grindžiamos pasyviais jutikliais, fiksuojančiais atspindėtą ar išspinduliuotą elektromagnetinę spinduliuotę (tradicinė bei skaitmeninė aerofotonuotrauka, pagrindinės kosminio distancinio zondavimo sistemos – *LANDSAT*, *SPOT*, *IKONOS* ir pan.) bei aktyviais jutikliais, kurie patys generuoja elektromagnetines bangas, siunčia jas į Žemės paviršių bei fiksuoja atspindėjimo ypatumus (*RADAR*, *LIDAR* ir kt.).

Geodezinė nuotrauka. Lauko arba geodeziniai matavimai grindžiami kampų ir atstumų matavimu nustatant bet kokio objekto padėtį horizontalioje ir/ar vertikalioje plokštumoje. Nors matavimų pagrindiniai principai mažai kito, tačiau sukurti prietaisai ir technologijos leidžia atlikti ir tikslius matavimus. Tai elektroniniai tacheometrai, nivelyrai, globali padėties nustatymo sistema GPS, kuriuos naudojant gaunami ypač aukšto tikslumo vektoriniai erdviniai duomenys. Gal tik vienintelis trūkumas tas, kad duomenys brangūs.

GPS sistema sudaryta naudojant dirbtinius Žemės palydovus (2.1 pav.). Pasaulyje veikia dvi

GPS sistemos: *NAVSTAR* amerikiečių ir sistema *GLONASS* rusų navigacinė sistema. *NAVSTAR* sistema paleista 1983 m., o *GLONASS* – 1996 m.



2.1 pav. Virš Žemės skriejantys GPS palydovai

Sistemomis galima nustatyti objektų padėtį žemės paviršiuje ir erdvėje aplink ją, objektų judėjimo vektorius. Šios sistemos taip pat pritaikytos geodezijos uždaviniams spręsti: nustatyti taškų geocentrines koordinates, žemės gravitacijos lauko parametrus, geodezijos konstantas ir kt. *NAVSTAR* ir *GLONASS* sistemos sprendžia ir geoido nustatymo, žemės poliaus judėjimo, žemės potvynių ir atoslūgių, geodinamikos sričių uždavinius.

GPS sudaro trys segmentai: kosminis, valdymo ir kontrolės bei vartotojų. Kosminio segmento palydovai išdėstyti šešiose orbitose taip, kad iš bet kurio žemės paviršiaus taško bet kuriuo paros metu būtų "jaučiami" (radijo signalų prasme) ne mažiau kaip keturi palydovai pakilę virš horizonto aukščiau kaip 10° . Matuojant svarbu, kad geodeziniame punkte būtų atviras dangaus skliautas.

GPS metodu nustatomų taškų koordinatų tikslumas priklauso nuo palydovų orbitų parametrų tikslumo, signalų parametrų matavimo tikslumo, palydovų ir imtuvų tarpusavio išdėstymo. Absoliutiniu metodu taško geocentrinės koordinatės X , Y , Z nustatomos keliasdešimties metrų klaida. Diferenciniu metodu taško koordinatų prieaugiai kito taško koordinatų atžvilgiu – keleto centimetrų klaidomis.

GPS veikia geocentrinėje stačiakampėje koordinatų sistemoje WGS-84, naudojant skersinę cilindrinę Merkatoriaus projekciją. Ši koordinatų sistema yra globalinė (naudoja bendra elipsoidą visam pasauliui). Vartotojas gali gauti koordinates vietinėje (tam tikros šalies) koordinatų sistemoje.

Matuoti galima bet kuriuo paros metu ir bet kokiomis oro sąlygomis (išskyrus audrą su perkūnija). Sesijos trukmė priklauso nuo tikslumo, kuriuo norima nustatyti punktų koordinates. Sesija gali trukti kelias minutes, atliekant nedidelio tikslumo darbus, ir kelias valandas, sudarant geodezinius tinklus. Matavimų trukmė nustatoma atsižvelgiant į konkrečias sąlygas.

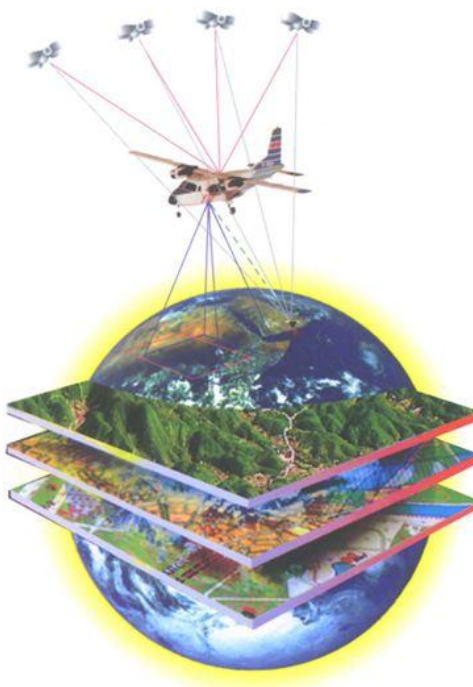
Matavimai planuojami naudojant specialias kompiuterines programas. Pradiniai duomenys yra imtuvu priimtas palydovų navigacinis pranešimas, apytikrės punktų koordinatės ir regimojo horizonto nuotraukos elementai. Programomis galima naudotis numatant tinkamiausią matavimams laiką bei matavimų trukmę. Iš palydovų priimtas navigacinis pranešimas suteikia informaciją apie GPS sistemos būklę tuo momentu (Skeivalas 2010).

Tam tikri aplinkos veiksniai lemia GPS matavimų kokybę:

- 1) jonosferos aktyvumas (priklauso nuo paros meto ir nuo saulės aktyvumo);
- 2) troposferinis vėlinimas (priklauso nuo palydovo pakilimo kampo);
- 3) signalo kliūtys (pastatai, kalvos ir kt.);
- 4) signalo atspindžiai (signalas atsispindi nuo namo ar kt., ir tik tada pasiekia imtuvą; tokio signalo sklidimo kelias ilgesnis ir jis iškraipo rezultatus);
- 5) radijo bangų interferencija (panašaus dažnio radijo bangų šaltiniai).

Aerofotonuotrauka. Pastaruoju metu aerofotonuotrauka, kaip efektyvus ir patikimas kartografinės, gamtos išteklių kiekybinės ir kokybinės informacijos šaltinis, naudojama vis plačiau.

Aerofotonuotrauka – Žemės paviršiaus fotonuotrauka žemėlapiams gaminti, daroma specialia fotokamera iš orlaivio arba dirbtinio Žemės palydovo (2.2 pav.).



2.2 pav. Žemės paviršiaus aerofotografavimas

Aerofotografavimui gali būti naudojamas tik specialus lėktuvas, atitinkantis aerofotonuotraukai keliamus reikalavimus. Lėktuve turi būti įrengta giroskopinė stabilizavimo sistema optinės ašies posvyriui sumažinti, GPS aerofotonuotraukų projekcijos centrų koordinatėms nustatyti ir speciali įranga fotografiniam procesui valdyti, ekspozicijų intervalams reguliuoti,

skrydžio aukščiui matuoti ir kiti įrenginiai.

Tobulėjant technologijoms bei techninėms priemonėms, vietovei aerofotografuoti (skenuoti) vis dažniau pasirenkama skaitmeninės aerofotokameros. Skaitmeninės aerofotografavimo sistemos parinkimas dažniausiai priklauso ne nuo jos techninių galimybių, o nuo aerofotonuotraukos paskirties ir fotogrametrinio kartografavimo technologijos.

Svarbiausias skaitmeninių fotokamerų privalumas yra galimybė greitai gauti skaitmeninę aeronuotraukos informaciją ir naudoti ją tiesiogiai, papildomai neapdorojant (nereikalingi fotomechaniniai procesai ir aerofotonegatyvų skenavimas, dėl kurių nenukenčia fotografinių vaizdų tikslumas). Skaitmeninės fotokameros registruoja platesnį elektromagnetinių bangų diapazoną, todėl fotografiniuose vaizduose aiškiau matyti detalės šešėliuose arba ryškiai apšviestose vietose, vaizdai yra kontrastiškesni bei spalvingesni.

Prieš atliekant reikalingos teritorijos aerofotografavimą sudaromas skridimų planas: teritorija suskirstoma į maršrutus ir apskaičiuojamas kiekvienam maršrutui reikalingų ekspozicijų skaičius. Kiekvienas maršrutas yra kruopščiai suplanuojamas, žemės paviršiuje sužymimi kontūrženkliai ir nustatomos jų tikslios koordinatės. Maršrutai ir eksponavimo taškai parenkami taip, kad išilgai lėktuvo skridimo krypties vaizdai dengtų vienas kitą ne mažiau kaip 60 %, statmenai lėktuvo skridimo kryptčiai – apie 20 – 30 %. Tai yra būtina sąlyga stereomodeliams gauti tolesnių fotogrametrinių skaičiavimų metu (Ruzgienė 2008).

Aerofotonuotrauka daroma esant geram orui, kai nėra debesų, arba ūkanotą dieną, kai debesys ištisai dengia dangų, bet yra gana aukštai. Geriausiai fotografuoti anksti pavasarį, kol dar nesužaliavusi augmenija.

Antžeminė nuotrauka. Antžeminė fotogrametrija yra fotogrametrijos mokslo šaka, nagrinėjanti objektų fotografavimo nuo Žemės paviršiaus būdus, kai fotografuojama 1 – 100 m atstumu. Gautosios fotonuotraukos apdorojamos fotogrametriniais metodais.

Antžeminės fotogrametrijos taikymo sritys yra: statyba, architektūra, archeologija, biofotogrametrija, teismo fotogrametrija ir kt. (Ruzgienė 2008).

Fotografuojant antžeminius objektus keliami šie pagrindiniai reikalavimai:

- 1) dviejų fotografavimo spindulių sankirtos kampas turėtų būti kiek galima artimas 90°;
- 2) fotografuoti būtina mažiausiai iš trijų stočių;
- 3) pagrindiniai fotografuojamojo objekto taškai turi būti mažiausiai trijose fotonuotraukose;
- 4) dvi gretimos fotonuotraukos turi sudaryti sanklodą;
- 5) jei galima, fotografuoti ir ne nuo Žemės paviršiaus;
- 6) siekti, kad gautųjų fotonuotrukų sanklota būtų kuo didesnė.

Palydoviniai vaizdai. Pirmasis pasaulyje komercinis palydovas, pradėjęs kartografuoti Žemės paviršių 1 m skiriamąja geba, yra pagrįstas *IKONOS* sistema. Tokie skaitmeniniai vaizdai

pradėti gaminti JAV nuo 1999 metų pabaigos. Šių vaizdų pasirodymu prasidėjo nauja palydovinių vaizdų era, nes iš esmės pasikeitė vaizdų erdvinė geba. Iki šiol buvo gaminami tik riboto tikslumo palydoviniai vaizdai, įskaitant *LANDSAT*, *SPOT* ir kt., kurie tiko kartografuoti tik M 1:10 000 bei smulkesniais masteliais. Naudojamu palydovų duomenys pateikti 2.1 lentelėje. Topografinių objektų klasės, t. y. pastatai, upės, siauri keliai ir pan. – matomi tik vaizduose, kurių erdvinė geba 1 – 2 metrai.

Vienas iš skaitmeninių palydovinių vaizdų panaudojimo kartografuojant privalumų yra tai, kad jie pateikia didelių teritorijų vaizdą tuo pačių laiko momentu bei esant toms pačioms fizinėms sąlygoms.

2.1 lentelė. Palydovų duomenys

	<i>IKONOS</i>	<i>QuickBird</i>	<i>SPOT 5</i>
Palydovo kūrėjas	Space Imaging	EarthWatch	Prancūzija
Paleidimo metai	1999 m. pabaiga	2001 m. pabaiga	2002 m. vidurys
Orbitinis aukštis	681 km	450 km	832 km
Orbita	98,1° sinchroniška saulei	97,2° sinchroniška saulei	98,7° sinchroniška saulei
Orbitinis greitis	7,5 km/s	7,1 km/s	7,4 km/s
Vaizdo skiriamoji geba: Ties nadiu/Už nadiro	0,82/1,0 m panchromatinis 3,2/4,0 m daugiaspektrinis	0,61/0,72 m panchromatinis 2,44/2,88 m daugiaspektrinis	5 m panchromatinis 10 m daugiaspektrinis
Spalviniai kanalai	Panchromatinis, RGB, artimas infraraudonųjų	Panchromatinis, RGB, artimas infraraudonųjų	Panchromatinis, RGB, artimas infraraudonųjų
Vaizdo dydis: Ties nadiu/Už nadiro	11,3x11,3/11,3x13,8 km	16,5x16,5 km	60x60/60x80 km

Palydoviniai vaizdai gali būti naudojami:

- ✓ nacionalinio saugumo užtikrinimui;
- ✓ detaliųjų žemėlapių sudarymui;
- ✓ krizių valdymo planų ruošimui;
- ✓ stichinių nelaimių padarinių šalinimui;
- ✓ aplinkos įvertinimui;
- ✓ miškų gaisrų padarinių įvertinimui;
- ✓ valstybės sienos apsaugai;
- ✓ ir kitose srityse, kur reikalingas operatyvumas ir tikslumas.

Vietovės paviršiaus skenavimas *LIDAR* sistemomis. Nuo 1999 m. Žemės paviršiui tyrinėti bei erdvinei informacijai kaupti pradėtas taikyti naujas pažangus metodas *LIDAR* (angl.

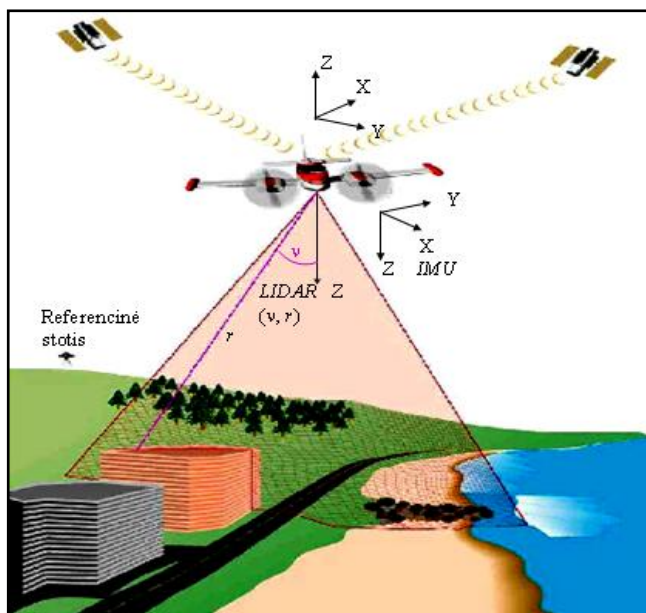
Light Detection and Ranging). Šiuo metodu vietovė lazeriniu skeneriu skenuojama iš orlaivio. *LIDAR* technologija yra skaitmeninės fotogrametrijos ir geoinformatikos metodų sudėtinė dalis (Žalnierukas ir kt. 2006).

Vietovės paviršiaus skenavimo lazeriu principas – specialus prietaisas, įmontuotas lėktuve arba sraigtasparnyje, siunčia lazerio spindulio impulsus į Žemės paviršių, šie atsispindėję grįžta atgal. Vietovę skenuojant lazerių iš oro fiksuojama lazerio impulsų nuo išspinduliavimo momento iki atsispindėjimo nuo objekto laiko trukmė.

Pagal užregistruotą laiko nuo lazerio spindulio išsiuntimo iki atspindžio skirtumą (t) skaičiuojamas vertikalusis arba pasvirais nuotolis (R) iki Žemės paviršiaus ar objektų taškų:

$$R = \frac{v_g t}{2}. \quad (2.1)$$

Lazerinio skenavimo sistema teikia polines koordinatas: skenavimo kampą (ν) ir atstumą (r) iki objekto (2.3 pav.).



2.3 pav. Lazerinio skenavimo *LIDAR* principas (Kager 2005)

Iš pradžių lazeriu buvo skenuojama tik išilgai lėktuvo skrydžio (profilinis skenavimas). Neseniai sukurta skenavimo skersai skrydžio krypties metodika. Skenuojamas tam tikro pločio ištisinis ruožas, kurio plotis – apie 0,5 – 0,9 skrydžio aukščio. Kiekvieno ruožo kraštas dengia kito ruožo kraštą.

LIDAR lazerio spindulys nuotolį iki kieto paviršiaus išmatuoja 1 – 3 cm tikslumu. Tačiau vietovės skenavimo lazeriu tikslumą lemia skenerio savybės, skrydžio aukštis ir skenuojamojo ruožo plotis, skenerio pozicionavimo GPS ir orientavimo IMU paklaidos, lazerio spindulių dažnis ir sklaida, atmosferos sąlygos ir ypač – atspindinčiojo paviršiaus savybės bei kiti veiksniai (Žalnierukas ir kt. 2006).

Taikant skenavimo lazeriu *LIDAR* technologiją gaunami aukštos kokybės topografiniai, skaitmeniniai vietovės modeliai (*DTM*), naudojami ortofotografiniams žemėlapiams sudaryti. Vandenynų, pakrančių zonų ar pelkėtų vietovių *DTM* sudaryti *LIDAR* metodas yra ypač efektyvus.

LIDAR yra spartus ir tikslus Žemės paviršiaus skenavimo metodas. Rekomenduojama taikyti, kai būtinas labai tankus aukščių taškų tinklas (Žalnierukas ir kt. 2009). Šiuo metodu galima skenuoti bet kuriuo paros metu (dieną ir naktį) ir bet kokiomis oro sąlygomis. Skenuojant sukuriama žemės ar kito paviršiaus trijų dimensijų (3D) lazerio taškų visumos modelis (taškų debesis).

Palyginimas su aerofotogrametrijos metodais:

- 1) Žemės paviršiaus bei kitų objektų (pastatų, medžių ir kt.) taškų erdvinei padėčiai *LIDAR* metodu fiksuoti užtenka vieno lazerio spindulio atspindžio, o taškui fotogrametriškai koordinuoti reikia mažiausiai dviejų spindulių iš skirtingų aerofotografavimo centrų sankirtos. Todėl taikant *LIDAR* skenavimą galima sukaupti tikslią informaciją apie miškais apaugusios bei pastatais užstatytos vietovės reljefą ir kitų objektų aukščius, ypač kur negalima taikyti stereofotogrametrijos metodų;
- 2) planimetrinė vietovės nuotrauka dažnai kokybiškiau atliekama aerofotogrametriniais metodais;
- 3) greitas paviršiaus skaitmeninio modelio sukūrimo procesas, nors skrydžių trukmė ilgesnė nei darant aerofotonuotaukas. Lazerinio skenavimo skrydžius mažiau riboja oro sąlygos. Aerofotografijai reikia labai gerų atmosferos sąlygų (jutikliai pasyvūs).

Galimybė greitai ir palyginti nebrangiai padaryti detalią miškingos teritorijos reljefo nuotrauką, formuoti miestų 3D modelius pagal GIS poreikius, atlikti kai kuriuos kitus specialius tyrimus – tai lazerinio skenavimo metodo pranašumai, palyginti su aerofotonuotraukos būdais. Tačiau planimetrinė vietovės nuotrauka aerofotogrametriniu būdu dažnai yra tikslesnė ir kokybiškesnė (Žalnierukas ir kt. 2006).

LIDAR metodas efektyvus:

- ✓ skaitmeniniams vietovės modeliams kurti;
- ✓ miškingoms teritorijoms ir miestams modeliuoti;
- ✓ pakrantėms tyrinėti, gyliams matuoti;
- ✓ linijiniams objektams elektros linijoms kartografuoti;
- ✓ potvynio apsemtoms vietovėms kartografuoti;
- ✓ pavojingiems įvykiams fiksuoti (įvertinti);
- ✓ pelkėms ar kitoms neprieinamoms vietoms kartografuoti.

3. INTERNETINIŲ ŽEMĖLAPIŲ IR FOTOGRAMETRINIŲ SISTEMŲ APŽVALGA

Lietuvoje kaip ir kitose šalyse kompiuterinės technikos ir kompiuterinių programų išsivystymas suteikė naujas galimybes žemėlapių (techninių brėžinių) sudarymo srityse. Atsiradus technologijoms, leidžiančioms žemėlapius publikuoti internete kūrėjai ėmėsi iniciatyvos propaguoti geoinformacines technologijas ir geoinformatikos naudą visuomenei, siekdami išplėsti žemėlapių naudojimą kasdieniame gyvenime ir versle, turinčiame mažai sąsajų su žemėlapiais.

Skaitmeninio žemėlapio sąvoka yra abstrakti, tačiau jau daugiau kaip 10 metų prigijusi Lietuvoje. Skaitmeniniu žemėlapiu vadinami įvairios sandaros kartografiniai erdviniai duomenys, kuriuos vartotojui pavyksta pamatyti žemėlapio pavidalu kompiuterio ekrane.

Kosminiai vaizdai yra vienas iš informacijos šaltinių apie žemės paviršiuje esančius objektus, tačiau praktiškai kosminiai vaizdai Lietuvoje naudojami dar neseniai. Skaitmeninės kosminės nuotraukos, gautos taikant plačiai žinomą programinį paketą *Google Earth*, gali būti naudojamos miestams kartografuoti dideliu tikslumu. Kosminis vaizdas – tai iš kosminio palydovo nufotografuotas, persiųstas ir fotogrametriškai apdorotas vaizdas, kurį galima naudoti žemėlapiams gaminti bei gauti kitą išsamią informaciją apie kartografuojamus objektus.

3.1. Skaitmeniniai žemėlapiai internetinėje erdvėje

Interaktyvų žemėlapiį galima būtų apibūdinti kaip skaitmeninį (dažniausiai internetinį), dinamiškų grafinių bei matematinio pagrindo parametrų kartografinį kūrinį, kurio turinio elementus, duomenis, vaizdą grafinėje sąsajoje peržiūri ir analizuoja naudotojas.

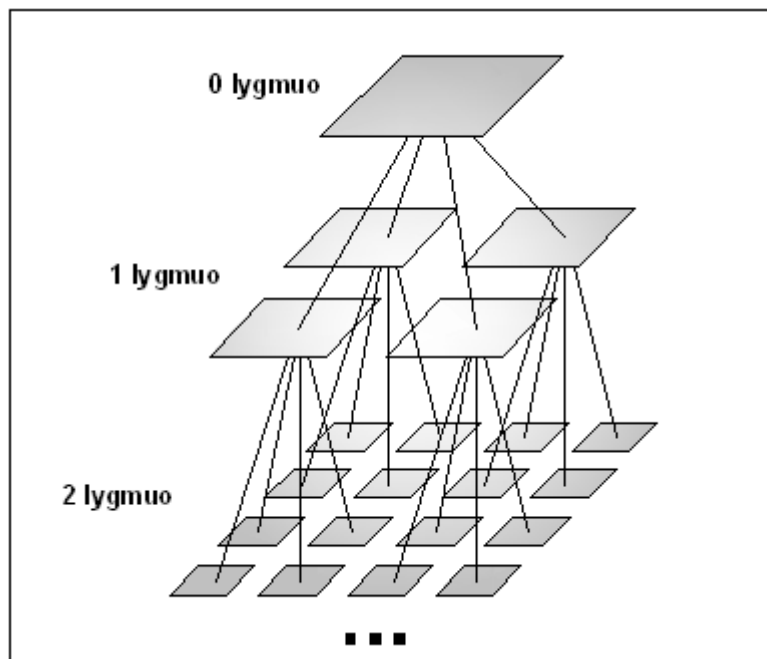
Interaktyvios funkcijos suteikia skirtingas duomenų valdymo galimybes, tačiau vienos yra svarbesnės interaktyviuose žemėlapiuose, kuriuose pateikiamas tik geografinis pagrindas ir vykdomos paieškos, maršrutizavimo funkcijos (pvz.: *Google maps*, *Bing maps*, *Maps.lt* ir kt.), kitos – vykdant teminės informacijos sluoksnių peržiūrą ir pan. (pvz.: internetiniai atlasai, geografinių statistinių duomenų žemėlapiai ir kt.).

Skaitmeninių žemėlapių pagrindinių duomenų valdymo galimybių (funkcijų) palyginimas internetinėje aplinkoje pateiktas A priede.

Globalinio žemėlapio skirstymo iškarpomis sistema. Žemėlapių saugykla žemėlapių ištraukas pateikia pagal jų specifinę skirstymo metodiką ir žymėjimą raidėmis: "t", "s", "r", "q".

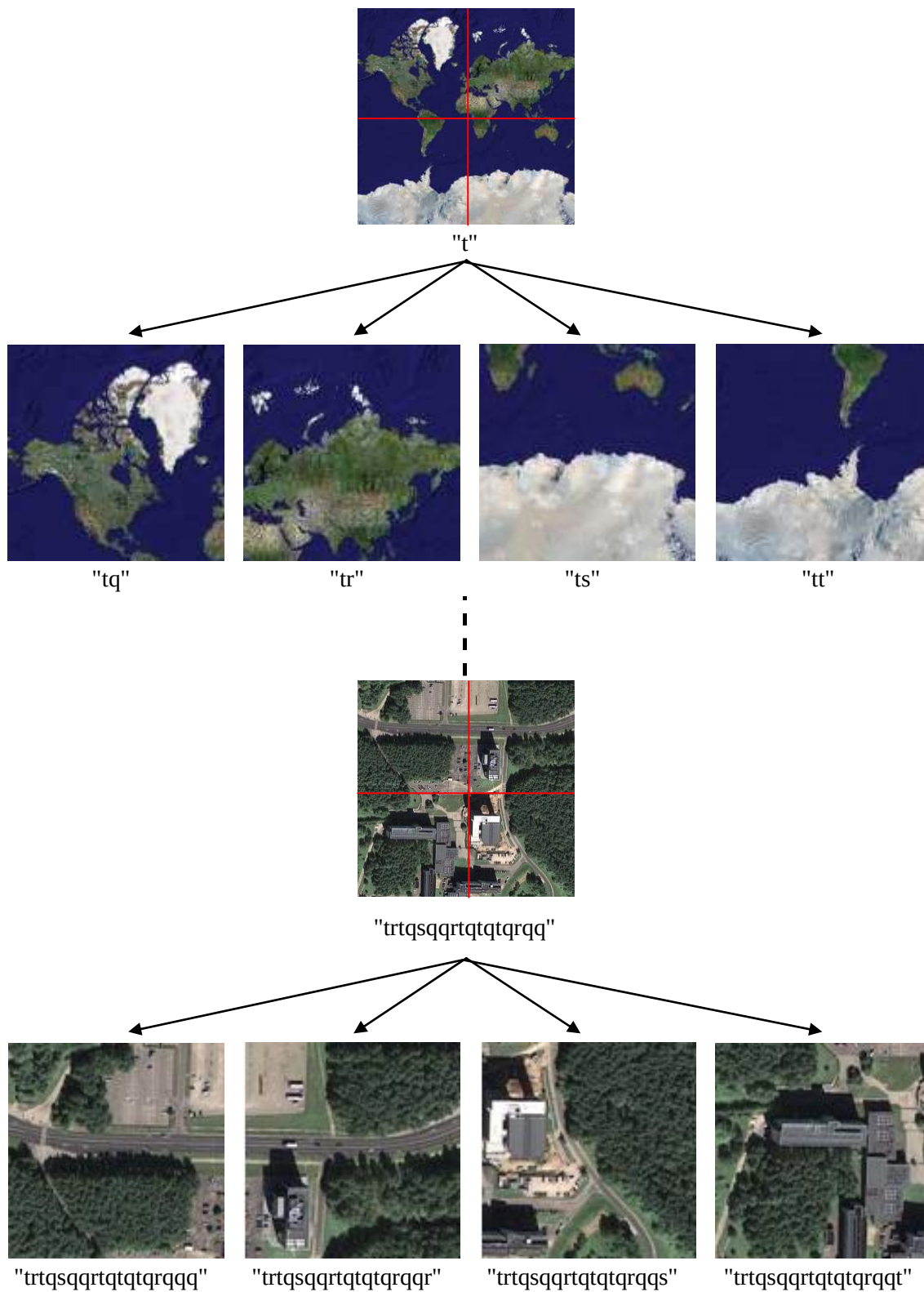
Saugykloje žemėlapiai saugomi kvadratinių blokų pavidalu, o pilnas iš šių ištraukų suformuotas žemėlapis paremtas hierarchinio medžio (angl. *Quadtree*) struktūros pagrindu. Hierarchinio medžio struktūra yra blokas, kurio kiekvienas skirstinys dalijamas į keturias žemesnio lygmens blokėlius (3.1 pav.). Ši struktūra dažniausiai taikoma rekursiniam dviejų dimensijų plokštumų sudalinimui į keturis kvadratus. Taip konkrečiu atveju surandama reikiama žemėlapio

iškarpa. Hierarchinio medžio struktūra susideda iš 18 lygmenų. Pateiktos ištraukos su kiekvienu lygmeniu apima vis mažesnę teritoriją ir skaitmeniniai duomenys išlieka vienodos radiometrinės skiriamosios gebos.



3.1 pav. Quadtree žemėlapių struktūra

Žemėlapių skirstymas pradedamas nuo pradinės ištraukos "t", kuris atitinka viso pasaulio teritoriją ir yra nuliniame priartinimo lygmenyje (3.2 pav.). Ši ištrauka yra menamai dalinama į keturias lygias dalis ir pagal turimas blokų koordinatas, išrenkama viena reikiama dalis. Naujai parinktos dalies atžvilgiu veiksmai yra kartojami tol, kol pasiekama reikiamo priartinimo lygio žemėlapių ištrauka. Kitaip tariant, einama gilyn per hierarchinės medžio struktūros lygmenis ir kaskart parenkama reikiama, viena iš keturių, ištrauka (Castillo-Carrion et al. 2011).

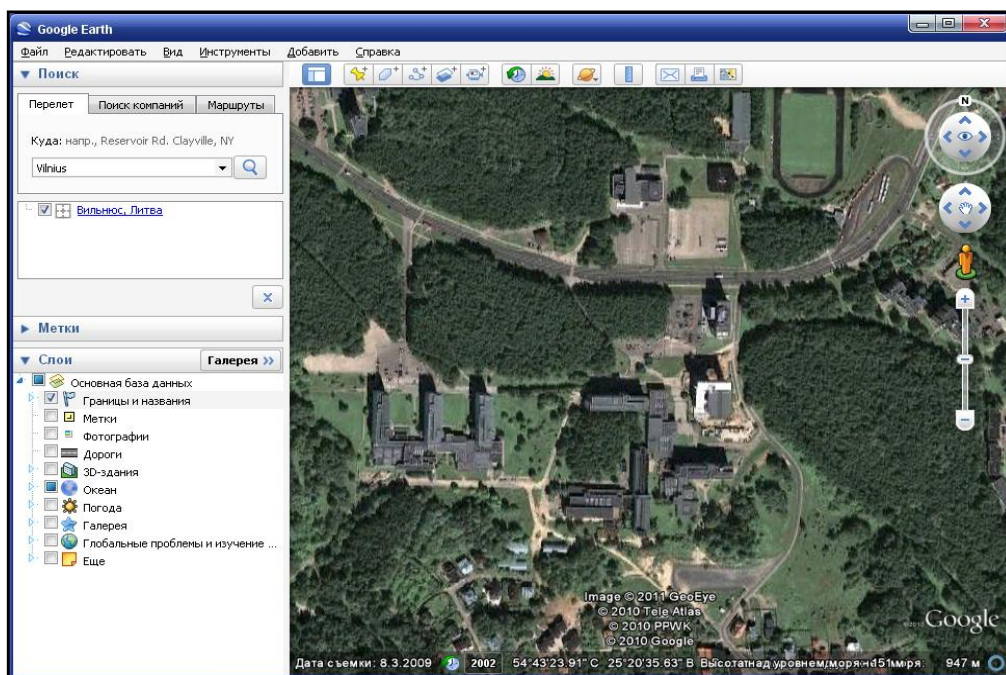


3.2 pav. Žemėlapių skirstymo sistema

Skaitmeniniai žemėlapiai *Google Earth* programos aplinkoje. *Google Earth* – virtualaus Žemės gaublio programa (trimatėje erdvėje), sukurta skaitmeninių žemėlapių kūrėjo *Keyhole*. Tai internetinė programa, kuria naudojantis galima išvysti bet kurią pasaulio vietą. Jos pagrindą sudaro milžiniška aukštos kokybės palydovinių nuotraukų bazė, kuri patalpinta *Google* serveriuose.

Google Earth sujungia palydovines nuotraukas (3.3 pav.), žemėlapius ir *Google* paieškos galimumą tam, kad ši programa būtų galingiausias pasaulio žemėlapis, paremtas nuotraukomis. Šiame *Google* žemėlapyje galima išvysti daug funkcijų, tokių kaip įvairių įmonių, oro uostų, įsimintinų vietų rodymas, tam tikrų vietų ieškojimas, nuotraukų kūrimas ir t. t. Pateikiami 3D vaizdai, kurie aiškiai matomi ir patogūs naudoti.

Paleidus programą prieš akis pasirodo Žemės gaublys. Jį, naudojantis kompiuterio pele, galima sukioti ir nukreipti į norimą pasaulio vietą, o pelės ratuku priartinti arba patolinti matomą vaizdą. Palydovinės nuotraukos pradedamos siųsti tik tada, kai priartinama konkreti vieta. Atsiunčiamas vaizdas iš pradžių būna neryškus, bet pamažu detalizuojamas, pildomas įvairiais objektais iki tol, kol gaunamas gana kokybiškas vaizdas.



3.3 pav. Palydovinės nuotraukos *Google Earth* aplinkoje ištrauka

Įvairių regionų detalumas programoje skiriasi ir yra nuolat keičiamas. Jis priklauso nuo miesto ar vietovės dydžio bei populiarumo. Daugelio pasaulio vietų kosminių nuotraukų raiška – 15 m, didesnių miestų – 0,61 m raiška ir tik nedaugelio vietų – 0,15 m raiška.

Google Earth programoje didesne raiška Lietuvos teritorijoje pavaizduoti didieji miestai: Vilnius, Kaunas, Klaipėda, Šiauliai, Alytus. Kiti miestai yra pavaizduoti nepalyginamai mažesne raiška, todėl pastatai susilieja į dėmes, vietomis negalima įžiūrėti net kelių tinklo.

Ši programa palaiko *KML* (angl. *Keyhole Markup Language*) formatu pateiktą informaciją.

KML yra elementais (dar vadinamais blokais) paremta struktūra. Tai išplėstinė aprašomoji kalba, dažnai naudojama žiniatinklyje apibūdinant įvairios paskirties duomenų struktūras ir jų turinį. Kiekvienas elementas privalo turėti vardą, o be vardo gali turėti papildomus atributus bei turinį. Elemento atributai turi vardus ir reikšmes. Elemento turinys gali būti tekstas arba kiti *KML* elementai.

Google Earth programos pagrindiniai pranašumai yra šie:

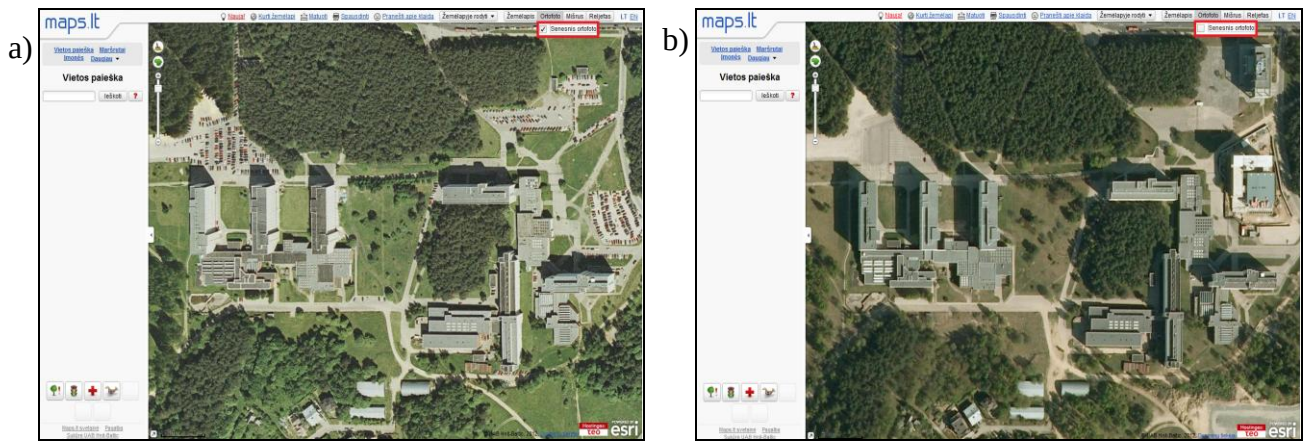
- ✓ pigus ir paprastas sistemos realizavimas. Sistemai sukurti nereikalinga brangi GIS programinė įranga ir žemėlapiai. Papildomų žemėlapių duomenų prireikia tik norint papildyti esamus *Google Earth* žemėlapius;
- ✓ prieinamumas. *Google Earth* yra nemokama ir visur prieinama programa;
- ✓ patogi vartotojo sąsaja. *Google Earth* programa leidžia patogiai žvalgyti tiek dvimačiame, tiek trimačiame žemėlapyje, pasirinkti žiūrėjimo tašką bei kampą;
- ✓ *Google Earth* pateikia viso pasaulio žemėlapius, todėl realiuoju laiku galima stebėti objektus, esančius bet kurioje Žemės vietoje.

Google Earth programos pagrindiniai trūkumai šie:

- ✓ *Google Earth* programa nėra tikra GIS, jai trūksta duomenų filtravimo, analizės ir kai kurių kitų darbo su erdviniais duomenimis funkcijų;
- ✓ jos galimybės išplėsti programą naujomis funkcijomis yra ribotos;
- ✓ *Google Earth* didelės raiškos palydovinės nuotraukos dar nedengia visos Lietuvos teritorijos. Didelės raiškos palydovinių nuotraukų susiejimas su geografinėmis koordinatėmis nėra visai tikslus.

Internetinių žemėlapių svetainė *Maps.lt*. Ši svetainė remiasi naujausiais skaitmeniniais žemėlapiais, vektorinėmis geoduomenų bazėmis bei naujausiomis GIS technologijomis, teikiančiomis aukštą *Maps.lt* interaktyvumo lygį. Pažangiausių *ArcGIS* technologijų ir patikimiausių duomenų naudojimas užtikrina aukštą *Maps.lt* paslaugų kokybę ir patikimumą. Žemėlapių turinys ir geografija nuolat papildomi bei atnaujinami.

Maps.lt siūlo savo žemėlapių paslaugas, kurių pagalba galima matyti ir naudoti kelių rūšių žemėlapius, t. y. vektorinis, ortofotonuotrauka, mišrus, reljefas, 2.5D. Šiuose žemėlapiuose pateikiama detali vietovės informacija, pvz.: tikslus adresai, kelių numeriai, ežerų, upių pavadinimai ir pan. Galima naudotis reljefo, ortofotografinio žemėlapių paslaugomis ir kt. Šiuo metu prieinami bei galima naudotis dvejais ortofotografiniais žemėlapiais, t. y. 2005 – 2006 metų ir 2009 – 2010 metų. Naujojo ir senojo ortofotografinių žemėlapių pavyzdžiai pateikti 3.4 pav. Norint palyginti 2005 ir 2009 metų ortofotonuotraukas reikia naujausią ortofotonuotrauką išjungti ir tik tada galima matyti senąją ortofotonuotrauką. Tai galima padaryti nužymint varnelę „Senesnis ortofoto“, kuri yra prie žemėlapių perjungimo mygtukų.



3.4 pav. Ortofotonuotraukų ištraukos *Maps.lt* aplinkoje: a) senesne – 2005 – 2006 m., b) naujesne – 2009 – 2010 m.

Maps.lt publikuojamų ortofotografinių žemėlapių raiška, detalumas ir kokybė visoje Lietuvoje yra vienodai gera ir dengia net ir užmiesčių, miškų teritorijas. Taip pat yra siūlomos tokios paslaugos: geolokatoriaus paslauga, kuri gali atlikti vietos (adreso, gyvenvietės ir t. t.) paiešką, maršrutizavimo paslauga, parodanti maršrutą nuo pradžios taško iki pabaigos taško arba tarp kelių taškų, taip pat pasirinkti greičiausią ar trumpiausią kelią. Daugiau informacijos apie šias paslaugas:

1) žemėlapių paslaugos, t. y. maršrutizavimo paslauga apskaičiuoja maršrutą nuo pradžios taško iki pabaigos taško. Taip pat į maršrutą galima įtraukti tarpinius taškus, pasirinkti maršruto tipą (greičiausias, trumpiausias). Kaip maršruto planavimo rezultatas pateikiama: informacija skirta grafiniam maršruto atvaizdavimui žemėlapyje bei informacija skirta maršruto išklotinei, legendai suformuoti;

2) geolokatorius, t. y. paslauga leidžia atlikti detalią adresų, gatvių, miestų, gyvenviečių, upių, ežerų, vietovardžių, administracinių vienetų paiešką. Gali būti naudojamos tiek lietuviškos raidės (a, č, ę, è ir kt.), tiek ir jų lotyniški atitikmenys (a, c, e, e ir kt.). Kadangi duomenys yra nuolat atnaujinami, todėl visada pateikiami tiksliausi paieškos rezultatai;

3) maršrutizavimas, t. y. *Maps.lt* siūlomas vektorinis žemėlapis pateikia detalesnę ir tiksliausią adresų, gatvių, miestų, gyvenviečių, upių, ežerų, administracinių vienetų ir kitų objektų informaciją. Nuolat atnaujinami duomenys, tikslūs pastatų kontūrai, adresų taškai užtikrina tikslų vietovės atvaizdavimą.

Maps.lt taip pat siūlo ortofotografinio žemėlapių paslaugą. Šis žemėlapis pasižymi geriausia ir vienoda raiška visoje Lietuvoje. Taip pat nėra jokių pašalinių objektų (pvz. debesų), trukdančių žemėlapių peržiūrą.

Mišrus žemėlapis – tai žemėlapis, kurio pagrindą sudaro ortofotografinis žemėlapis, o naujausia ir tiksliausia informacija apie miestų, gatvių pavadinimus ir kt. pateikiama iš vektorinio

žemėlapis;

4) kitos paslaugos, t. y. geometrinės paslaugos. Naudojantis šia paslauga suteikiama galimybė realizuoti atstumo ar ploto matavimo įrankius, apskaičiuoti ir pavaizduoti buferį aplink pasirinktą objektą ar atlikti kitas geometrines užduotis žemėlapyje.

Reljefiniame žemėlapyje galima matyti ne tik kelių, ežerų, upių ir kitų objektų pavadinimus, tačiau matyti ir slėnius, kalvas, įdaubas. Visa ši informacija padeda greitai įvertinti dominančią vietovę.

2.5 D žemėlapyje yra galimybė peržiūrėti objektus 2.5 D erdvėje.

Žemėlapis valdymo įrankiai leidžia didinti, mažinti bei perstumti žemėlapi. Žemėlapis valdymo įrankiai turi dinamiškai parodomas etiketes, leidžiančias nepatyrusiam vartotojui greitai susipažinti su visomis pasirinkto įrankio galimybėmis. Žemėlapis detalumas ir vaizduojamų objektų skaičius automatiškai keičiasi priklausomai nuo pasirinkto žemėlapis dydžio. Pasirinkus atitinkamus įrankius vartotojas gali matuoti atstumus tarp norimų objektų. Kursoriaus užėjimu dinamiškai parodoma informacija apie matomus žemėlapyje objektus, legendą. Aplikacija automatiškai nustato svetainės vartotojo ekrano skiriamąją gebą ir pagal tai parenka optimalų žemėlapis lango dydį.

Svetainės *maps.lt* galimybės:

1) Paieška

- ✓ paieška vieno lauko principu (užklausa nestruktūrizuota);
- ✓ geografinių koordinačių paieška;
- ✓ maršrutų paieška tarp 5 taškų;
- ✓ galima ieškoti: adreso, gatvės, miesto/gyvenvietės, upių/ežerų, vietovardžių, administracinių vienetų ir kt.

2) Funkcionalumas

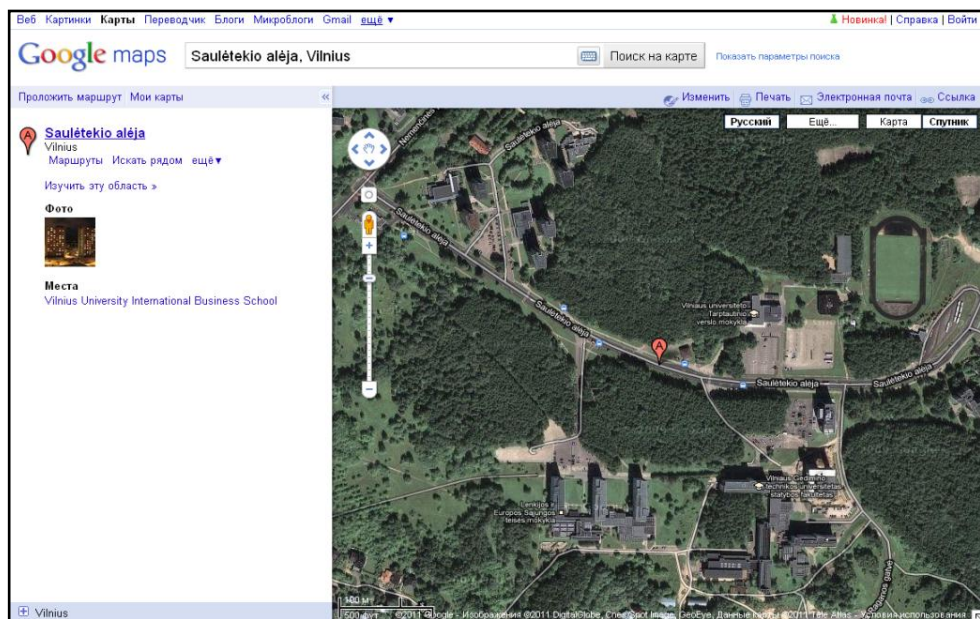
- ✓ didesnis žemėlapis;
- ✓ žemėlapis patogiai valdomas pelės pagalba;
- ✓ galimybė sužinoti aktualią informaciją apie eismą Vilniaus mieste: suplanuotus kelio darbus ar judėjimo apribojimus, greitį kelyje, atsižvelgiant į transporto srautus, eismo įvykius, registruotus kelių policijoje, ir dėl to kilusias grūstis;
- ✓ žemėlapis, susidaryto maršruto spausdinimas;
- ✓ galimybė pranešti apie žemėlapis netikslumus ir kt.

3) Geografiniai duomenys bei kita informacija žemėlapyje

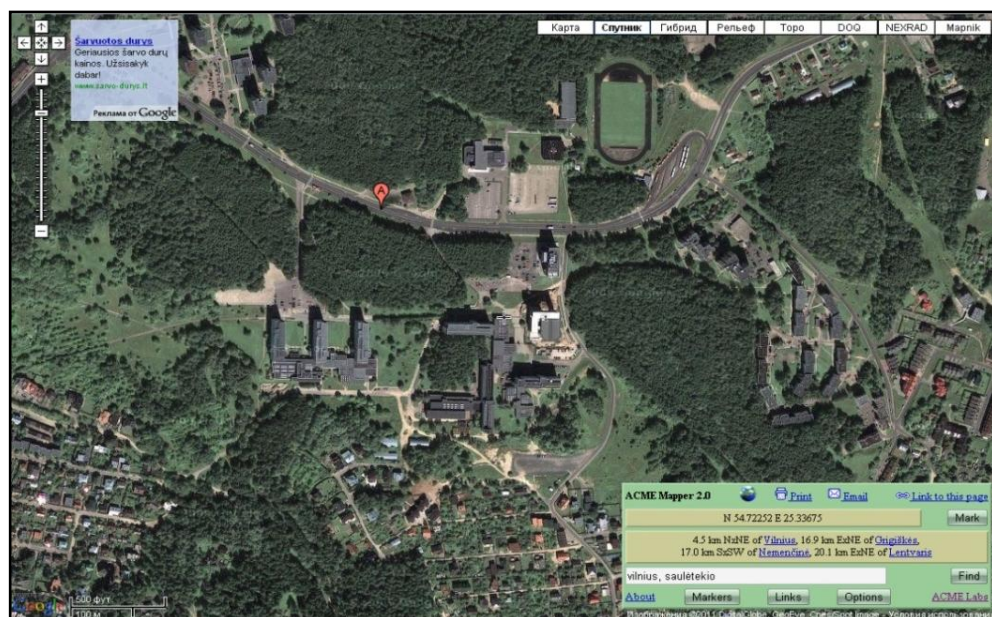
- ✓ aktualesni ir pilniausi Lietuvos žemėlapis duomenys (nuolat atnaujinami);
- ✓ ortofotografinis žemėlapis dengiantis visą Lietuvos teritoriją vienodu detalumu (jokių debesų, neryškių vietų ir pan.);

- ✓ mišrus Lietuvos žemėlapis (ortofotonuotrauka + kelių tinklas ir vietovardžiai);
- ✓ detali Lietuvos miestų žemėlapio informacija (pastatai, įvažiavimai į kiemus ir pan.);
- ✓ Vilniaus miesto erdvinių pastatų žemėlapis (2.5D Vilniaus žemėlapis);
- ✓ visos Lietuvos reljefo žemėlapis;
- ✓ viešojo transporto informacija didžiuosiuose Lietuvos miestuose (autobusų stotelės);
- ✓ panoraminės nuotraukos ir kt.

Internetiniai žemėlapiai Google Maps, ACME Mapper ir Bing Maps. Google Maps, ACME Mapper bei Bing Maps žemėlapiai – tai žemėlapiai, kuriuos galima peržiūrėti internetinėje aplinkoje, paslauga. Google Maps, ACME Mapper internetinėje erdvėje palydovinių nuotraukų pavyzdžiai pateikti 3.5 pav. ir 3.6 pav.



3.5 pav. Palydovinės nuotraukos ištrauka Google Maps aplinkoje (<http://maps.google.com/>)



3.6 pav. Palydovinės nuotraukos ištrauka ACME Mapper erdvėje (<http://mapper.acme.com/>)

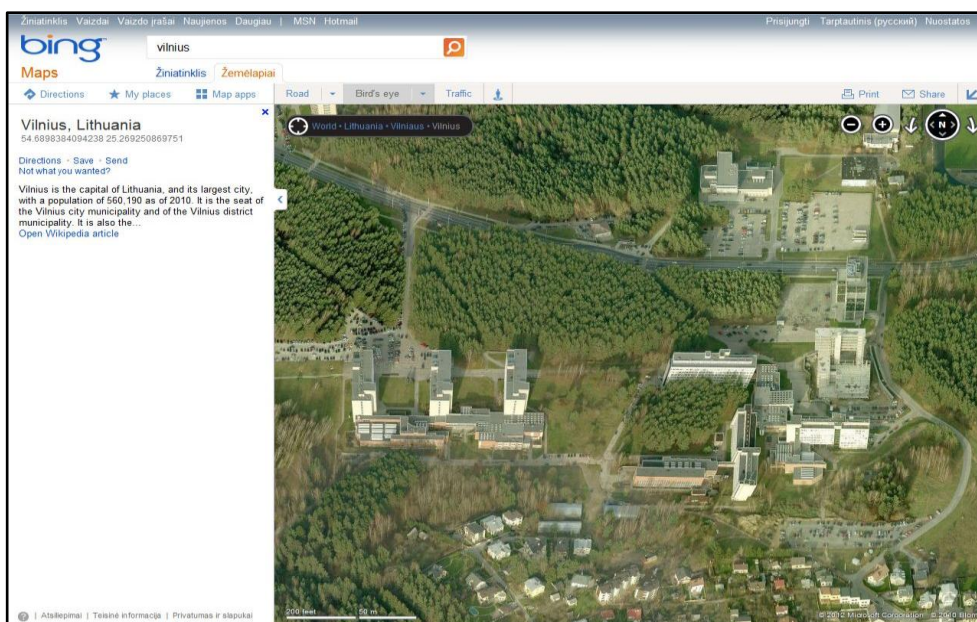
Atsižvelgiant į buvimo vietą, galima peržiūrėti pagrindinius žemėlapius ir vietinių įmonių informaciją, įskaitant įmonės vietą, ryšių informaciją ir važiavimo nuorodas. Taip pat galima peržiūrėti pageidaujamos vietos vaizdus iš palydovo bei juos stumdyti ir keisti jų mastelį.

Pasinaudojant paieška, rezultatai, t. y. arba taškiniai arba linijiniai objektai, parodomi žemėlapyje. Paieškos rezultatai parodomi paskaičiavus optimalų mastelį, t. y. ieškomas objektas iškart bus rodomas aiškiai ir žemėlapių centre. Tačiau norint pasižiūrėti, kas yra netoli ieškomos vietos, tada galima naudoti žemėlapių valdymo mygtukus, skirtus mastelio keitimui ir žemėlapių stumdymui. Pagrindinis žemėlapis turi mygtukus vaizdo režimui keisti. Ieškant konkretaus objekto, žemėlapyje bus nubraižytas žymeklis, nurodantis vietą. Jeigu ieškoma maršruto, lange pasirodys nurodymai, kuriuo maršrutu važiuoti.

Nors *Google Maps* bei *ACME Mapper* žemėlapyje yra viso pasaulio geografiniai duomenys, kai kurie regionai yra labiau detalizuoti, pvz., yra didesnių miestų, tačiau kituose regionuose yra matomi tik pagrindiniai keliai, o palydovinėje nuotraukoje tik žali – rudi laukai.

Internetinėje erdvėje *Google Maps* ir *Bing Maps* žemėlapių, kurie ne tik parodo pasaulio žemėlapių įvairiais masteliais, bet net ir kviečia vartotojus pasivaikščioti trimatėmis šių žemėlapių gatvėmis, žvelgti iš skirtingų pozicijos taškų. Pavyzdžiui, su *Bing Maps* galima „keliauti laiku“ – peržvelgti įterptas vaizduojamų vietų skirtingų laikų nuotraukas, keliauti ne tik gatvėmis, bet ir pastatų vidumi, net pamatyti įterptą į aplinką ir atitinkamai pagal ją judantį tikrojo laiko vaizdo filmavimą. Žemėlapis, realybės reprezentacija, kompiuterio erdvėje tampa daugiafunkcinių realybės pristatymų, naršomų virtualioje erdvėje.

Bing Maps internetinių žemėlapių svetainėje galima pasirinkti kelių rūšių žemėlapius, t. y. vektorinį, ortofotonuotrauką, mišrų bei *Bird's eye*, t. y. vaizdas „iš paukščio skrydžio“ (3.7 pav.) pakeičia rodomų nuotraukų padėtį ir paverčia jas kitu kampu.



3.7 pav. *Bing Maps* aplinkoje 3D žemėlapių ištrauka (<http://www.bing.com/maps>)

3.2. Skaitmeninės fotogrametrinės sistemos

Sparčiai tobulėjant kompiuterinei technikai tradicinius žemėlapius vis dažniau pakeičia skaitmeniniai žemėlapiai bei skaitmeninės topografinių duomenų bazės. Skaitmeniniams žemėlapiams sudaryti dažnai naudojama aeronuotrauka ir fotogrametriniai metodai. Žemėlapių sudarymas iš aeronuotraukų sumažina geodezinių lauko matavimų apimtį. Naujieji žemėlapių sudarymo metodai yra lengviau automatizuojami, tikslesni, nors ir reikalauja tam tikrų laiko ir finansinių sąnaudų.

Vienas iš svarbiausių skaitmeninės fotogrametrijos produktų – ortofotografinis žemėlapis sudaromas automatiškai arba pusiau automatiiniu būdu skaitmeninėmis fotogrametrinėmis sistemomis. Su skaitmeninėmis fotogrametrinėmis sistemomis gaunami skaitmeniniai vaizdai, atliekamas fotogrametrinis skaitmeninių fotonuotraukų apdorojimas, modeliuojamas Žemės paviršius, iš fotonuotraukų renkami objektai, nustatomos trimatės taškų koordinatės, sudaromi ortofotografiniai bei vektoriniai žemėlapiai.

Fotogrametrinio apdorojimo skaitmenine fotogrametrine programine sistema pagrindinės funkcijos parodytos B priede.

Tipiška skaitmeninė fotogrametrinė darbo stotis (3.8 pav.) – tai kompiuteris su dviem monitoriais ir papildomais įrenginiais: infraraudonųjų spindulių siūstuvais, skystųjų kristalų akiniai, 3D rodomasis įtaisas (specializuota 3D kompiuterinė pelė). Vienas monitorius skirtas stereoskopiniam vaizdui stebėti, o kitas dažniausiai naudojamas grafiniams duomenims bei fotogrametrinio apdorojimo rezultatams vaizduoti.



3.8 pav. Skaitmeninė fotogrametrinė stotis *SOCET SET BAE Systems* (Solutions 2001)

Nemažai fotogrametrinių operacijų skaitmeninėje fotogrametrijoje atliekama monokuliariai, tačiau stereoskopinio stebėjimo sistema yra viena iš pagrindinių skaitmeninių fotogrametrinių darbo stočių dalių. Stereoskopiniam vaizdui stebėti sukurta speciali elektroninė sistema. Operatorius specialiais akiniais stereoporos sanklodos vietoje kompiuterio ekrane mato erdvinį vaizdą.

Monokuliariems arba stereoskopiniams matavimams atlikti naudojamas sudėtingesnės konstrukcijos 3D matavimo įrenginys, kuris turi keletą programinių mygtukų, diską Z koordinatei keisti ir atlieka didinimo-mažinimo funkcijas. Tačiau 3D pelė gali būti įprastos konstrukcijos su dviem mygtukais ir centriniu rateliu arba su trimis mygtukais.

Stereoskopiniam vaizdui sukurti dažniausiai taikomas kristalinio regėjimo metodas. Infraraudonųjų spindulių siųstuvas įmontuotas ant monitoriaus viršaus. Kas 1/120 sek. yra eksponuojama ir specialiais akiniais (LCD) stebimas stereoskopinis vaizdas.

Sukurta įvairių skaitmeninio fotogrametrinio fotografinių vaizdų apdorojimo sistemų, kurios skiriasi funkcionalumu, programinės įrangos ypatumais, kompleksišku bei kaina. Labiausiai paplitusios šios skaitmeninės fotogrametrinės darbo stotys:

- ✓ *SOCET SET, BAE Systems (JAV);*
- ✓ *Softplotter, Autometric (JAV);*
- ✓ *ImageStation, Z/I Imaging (Vokietija/JAV);*
- ✓ *Cardinal systems, VRTwo (3.9 pav.) Geomatica PSI, Geomatics (Kanada);*
- ✓ *Delta, Geosystems (Ukraina);*
- ✓ *PHODIS, Zeiss (Vokietija);*
- ✓ *PHOTOMOD, Racurs, Maskva (Rusija) ir kt.*



3.9 pav. Skaitmeninė fotogrametrinė darbo stotis su VrTwo programine sistema

Programine sistema *Summit Evolution, DATEM* išrenkami iš fotonuotraukų trimačiai objektai, galimas tiesioginis geoduomenų įvedimas į GIS sistemas (*AutoCAD, MicroStation* ar *ArcGIS*). Programinė sistema apdoroja įvairių tipų fotografinius vaizdus bei duomenis: aerofotonuotraukas, aukštos skiriamosios gebos kosmines bei radarines nuotraukas, lazerinio skenavimo iš oro (*LIDAR*) taškų debesis, automatiškai generuoja ortofotografines nuotraukas, galimi stereoskopiniai matavimai, naudojant patogius šiam tikslui skirtus akinius.

Skaitmeniniams vaizdams fotogrametriškai apdoroti reikalingas talpus, didelės grafinės skiriamosios gebos kompiuteris (Программные...).

Skaitmeninė programinė sistema DDPS. Skaitmeninė fotogrametrinė programinė sistema *DDPS* (angl. *Didactic Digital Photogrammetric Software*) sudaryta Liege (Belgija) universiteto Geomatavimų fakulteto *SURFACES* laboratorijoje bei Varšuvos (Lenkija) Geodezijos ir kartografijos instituto Fotogrametrijos skyriuje (Didactic 2002).

Skaitmeninė fotogrametrinė programa apdoroja 8 bitų/pikseliui (pilkosios spalvos sodrumo) skaitmeninius vaizdus. Fotonuotraukų formatas – *BMP*.

Skaitmeninės fotogrametrinės programinės sistemos *DDPS* uždaviniai:

- 1) aerofotonuotraukų stereoporos vidinis orientavimas;
- 2) aerofotonuotraukų stereoporos reliatyvusis orientavimas;
- 3) aerofotonuotraukų stereoporos absoliutusias orientavimas;
- 4) reljefo modelio sudarymas;
- 5) skaitmeninio vietovės modelio kūrimas;
- 6) ortofotografinės nuotraukos generavimas.

Skaitmeninė programinė sistema LISA. Skaitmeninė programinė įranga *LISA* taikoma skaitmeniniams vietovės reljefo modeliams kurti, kokybei tirti ir tikslumui įvertinti, taip pat sprendžiami vietovės paviršiaus modeliavimo uždaviniai 3D erdvėje (Linder 2003).

Skaitmeninės fotogrametrinės programos *LISA* paketą sudaro 3 moduliai:

- 1) *LISA BASIC* – tai rastrinė GIS programa su funkcijomis fotografiniams vaizdams apdoroti;
- 2) *LISA FOTO* – skaitmeninė fotogrametrinė fotografinių vaizdų apdorojimo sistema;
- 3) *BLUH* – tai aerotrianguliacijos tinklų kūrimo programa.

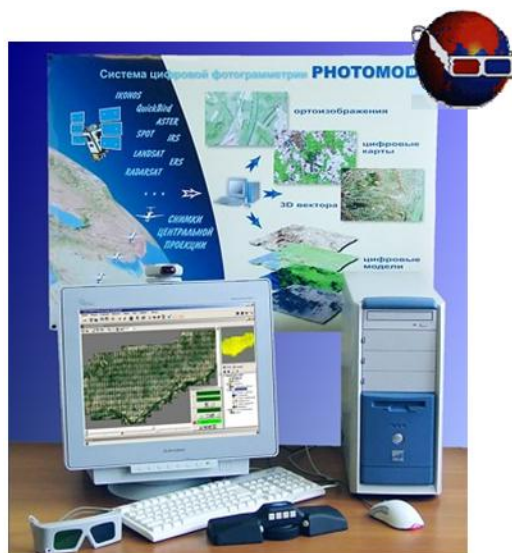
Ši skaitmeninė fotogrametrinė programa apdoroja tik panchromatinius (nespalvotus) skaitmeninius vaizdus. Skaitmeniniai fotografiniai vaizdai neturi užimti kompiuterio atminties daugiau nei 10 MB. Jei fotografiniai vaizdai užima daugiau nei reikalaujama atminties, reikia sumažinti skaitmeninių aerofotonuotraukų didumą.

Skaitmeninės fotogrametrinės programinės sistemos *LISA* funkcijos:

- 1) aerofotonuotraukų stereoporos vidinis ir absoliutusias orientavimas;
- 2) stereoskopinio modelio kūrimas;
- 3) reljefo modelio sudarymas stereoskopiniais matavimais;
- 4) skaitmeninio vietovės modelio kūrimas automatinių vaizdų sugretinimo būdu;
- 5) ortofotografinės nuotraukos generavimas;
- 6) vietovės reljefo horizontalėmis atvaizdavimas ortofotografinėje nuotraukoje;
- 7) vietovės objektų 2D ir 3D vektorizavimas.

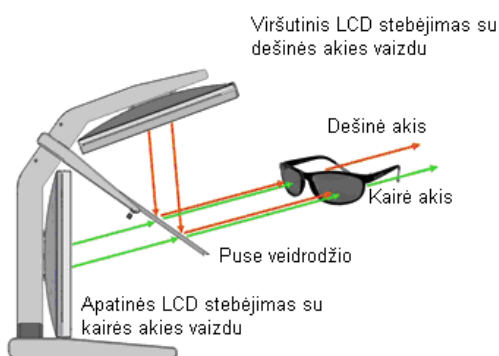
Skaitmeninė fotogrametrinė darbo stotis *PHOTOMOD*. Ši programinė sistema plačiai taikoma gaminant fotogrametrinę kartografinę produkciją, yra funkcionali ir efektyvi. Fotogrametrinėms procedūroms atlikti naudojami skaitmeniniai fotografiniai vaizdai – skenuotos aerofotonuotraukos arba fotonuotraukos, gautos fotografuojant skaitmenine fotokamera. Į skaitmeninės fotogrametrinės stoties komplektą įeina specializuota 3D kompiuterinė pelė bei stereoskopinio vaizdo stebėjimo įranga.

Lietuvoje paplitusi fotogrametrinė darbo stotis *PHOTOMOD* (3.10 pav.), kurios pagrindinės funkcijos yra: interaktyviojo stereoskopinio modelio sudarymas, planimetrinis objektų modeliavimas, aerotrianguliacija – fotogrametrinis atramos taškų sutankinimas (pusiau automatinis arba automatinis taškų koordinatų matavimas, blokinio tinklo išlyginimas), skaitmeninio vietovės modelio ir ortofotografinių vaizdų generavimas, pavienių ortofotografinių vaizdų jungimas į mozaiką, kelių projektų jungimas ir kt.



3.10 pav. Skaitmeninė fotogrametrinė stotis *PHOTOMOD*

Tobulėjančios kompiuterinės techninės priemonės palengvina fotogrametrinių matavimų procesus, pvz., plokščiasis monitorius (3.11 pav.) *SD2620W*, *Planar* ir kt. teikia aukštos skiriamosios gebos 3D vaizdus ir stereoskopinį vaizdą, kurį gali stebėti keli naudotojai.



3.11 pav. Plokščiojo monitoriaus veikimo schema

Plokščiasis monitorius turi du pagrindinius ekranus: tai viršutinį monitoriaus LDC stebėjimą su dešinės akies vaizdu ir apatinio monitoriaus LDC stebėjimas su kairės akies vaizdu. Taip pat yra būtinas stiklas, kuris įtaisytas tarp abiejų ekrano vidurių, kad matytųsi trimatis vaizdas. Vykdamas reljefo modelio kūrimą gali būti naudojamas statinis arba fiksuojamasis vaizdų judėjimo būdas, kai judanti matavimo žymė operatoriaus pagalba nuleidžiama ant norimo objekto (Программные...).

Skaitmeninių fotogrametrinių programinių sistemų svarbiausias uždavinys – automatizuoti pagrindinius skaitmeninės fotogrametrijos procesus, atlikti fotogrametrinį skaitmeninių fotografinių vaizdų apdorojimą.

Skaitmeninių vaizdų navigacija (valdymas, išdėstymas) kompiuterio ekrane priklausomai nuo skaitmeninės fotogrametrinės darbo stoties tipo gali būti atliekama dviem būdais:

1. Statiniu (fiksuotuoju) – judanti matavimo žymė. Šiuo būdu skaitmeniniai vaizdai gali būti apdorojami vidutinio galingumo kompiuteriu.

2. Dinaminiu – matavimo žymė nejuda ir yra kompiuterio monitoriaus centre. Šis būdas taikomas dažniausiai, tačiau reikia spartesnio kompiuterio procesoriaus.

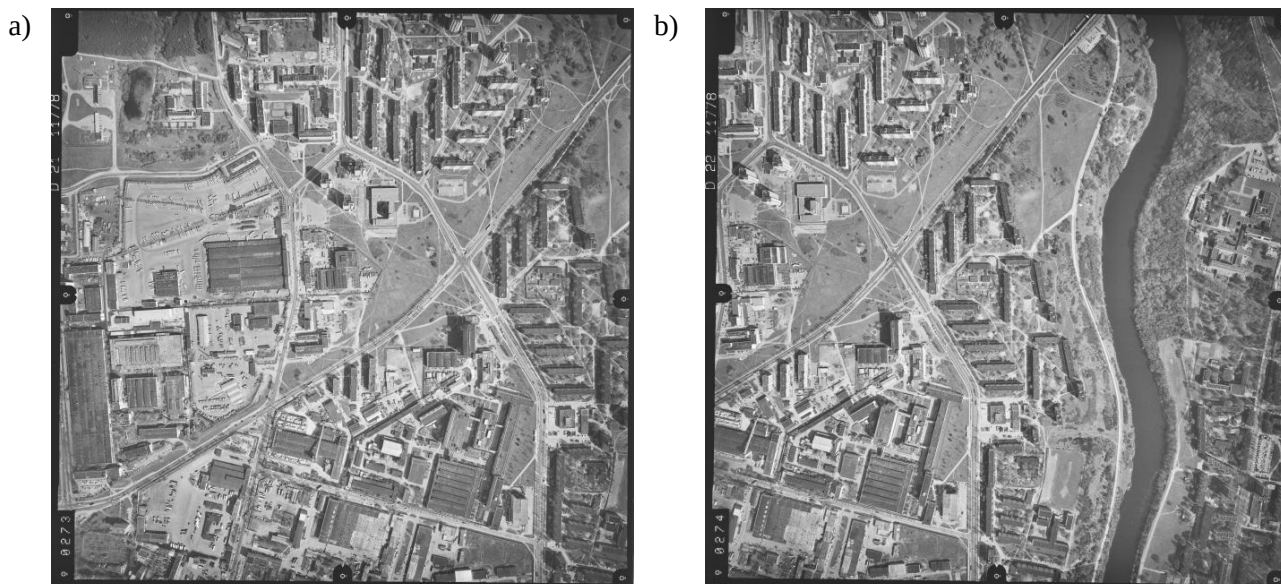
4. GEODUOMENŲ GAVIMAS INTERNETINIUOSE ŽEMĖLAPIUOSE IR FOTOGRAMETRINĖS SISTEMOMIS

Skaitmeninės fotogrametrijos metodu taikymo viena iš sričių – ortofotografinių žemėlapių sudarymas. Šiam tikslui aerofotonuotraukos orientuojamos, ir formuojamas skaitmeninis Žemės paviršiaus reljefo modelis, skaitmeniniu ortofotografiniu transformavimo būdu atliekamas aerofotonuotraukų geometrinis apdorojimas – pašalinami geometriniai iškraipymai, atsiradę dėl fotokameros posvyrio, dėl centrinės projekcijos ir reljefo įtakos. Ypač svarbu skaitmeninį Žemės paviršiaus reljefo modelį sukurti tokio tikslumo, kad būtų užtikrinta gera geometrinė skaitmeninių fotografinių vaizdų transformavimo kokybė.

Eksperimentiniam tyrimui atlikti ir ortofotografinei nuotraukai sudaryti naudojama Vilniaus miesto aerofotografavimo medžiaga. Teritorija, kurią dengia aerofotonuotraukos, kosminėje nuotraukoje matoma 4.1 pav. Aerofotografavimas atliktas iš ~900 m aukščio aerofotokamera *RMK TOP 15, ZEISS*, objektyvo židinio nuotolis 153,604 mm. Aerofotonuotraukų vidutinis mastelis 1:6000. Skrydžio maršruto dvi tarpusavyje persidengiančios Vilniaus miesto Žirmūnų rajono aerofotonuotraukos (stereopora) D21/22 (aerofotonuotraukų numeriai bloke 273/274) (4.2 pav.) – vienas fotogrametrinis modelis fotogrametriškai apdorojamas ortofotografinės nuotraukos generavimo procedūroms atlikti.



4.1 pav. Eksperimentinės vietovės kosminės nuotraukos fragmentas – Žirmūnų raj., Vilnius



4.2 pav. Aerofotonuotaukų stereopora: a) kairioji – 273; b) dešinioji – 274

Aerofotonuotaukų vidiniam ir absoliučiajam orientavimui reikalingi duomenys:

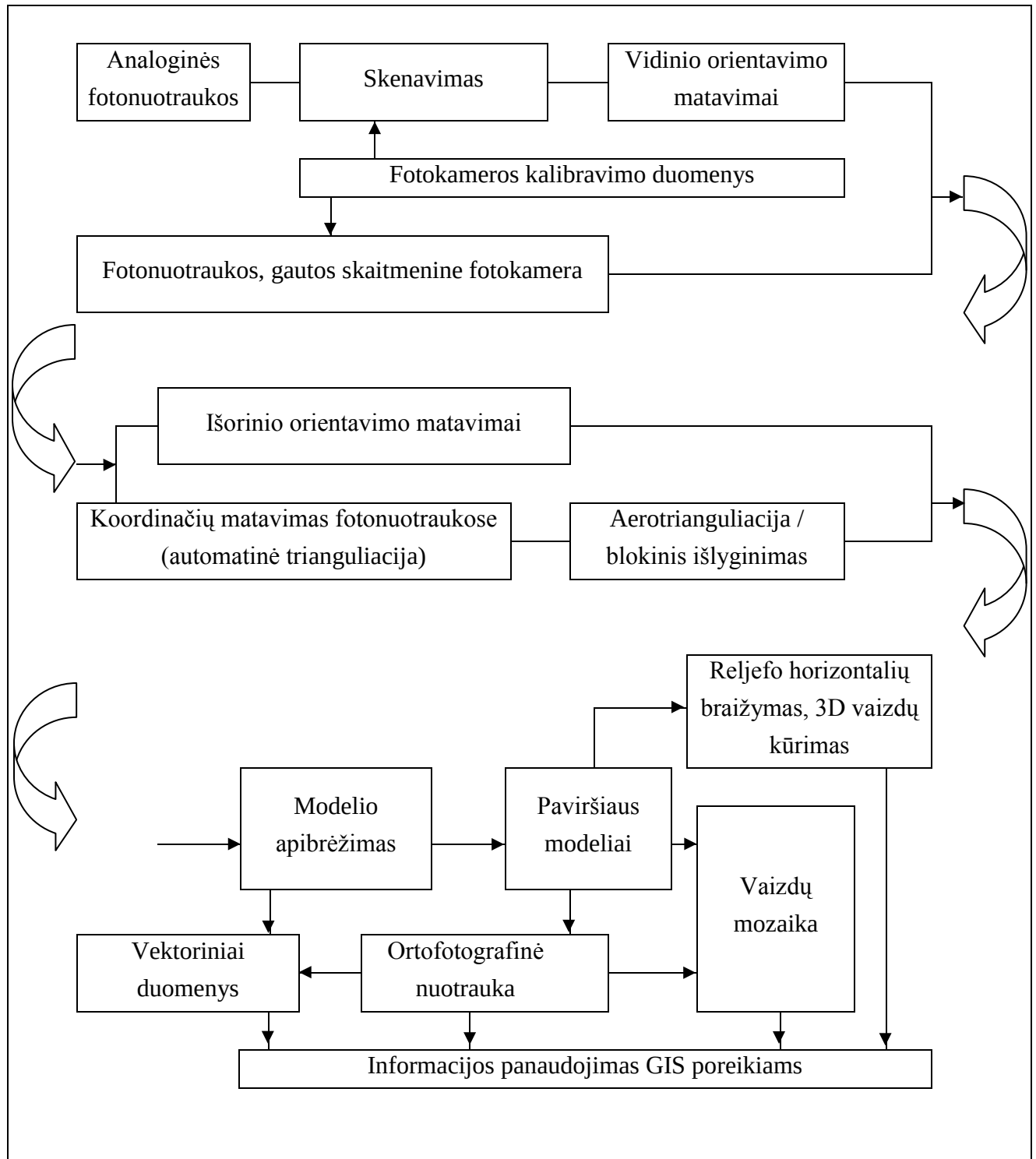
- 1) aerofotokameros parametrai, pateiktieji kalibravimo sertifikate (4.3 pav.);
- 2) pakankamas atramos taškų, aiškiai matomų aerofotonuotaukų stereoporos dengimo vietoje, kiekis, jų išdėstymo schema, abrisai (žr. C priedą) ir koordinacių katalogas (žr. D priedą).

Camera RMK-TOP 15		
FOCALE	153.604	
UNIT	0.001 meters	
FIDUCIAL COORDINATES		
1	113.008	0.018
2	-112.998	0.022
3	-0.003	113.024
4	0.001	-112.977
5	112.994	113.021
6	-113.002	-112.988
7	-113.003	113.011
8	113.003	-112.978
DISTANCE		DISTORTION
30.0		0.001
40.0		0.001
50.0		0.001
60.0		0.002
70.0		0.003
80.0		0.002
90.0		-0.001
100.0		-0.002
110.0		-0.002
120.0		-0.002
130.0		-0.001
150.0		0.002
COORDINATES OF PRINCIPAL POINT SYMETRY (PPS)		
E ₀	0.002	
N ₀	0.019	

4.3 pav. Aerofotokameros *RMK TOP* kalibravimo sertifikato ištrauka

4.1. Aerofotonuotaukų apdorojimas

Eksperimentinio tyrimo metu fotogrametriniai matavimai ir ortofotografinės nuotraukos generavimo procedūros atliekamos skaitmenine fotogrametrine programine sistema *LISA* (Berlynas, Vokietija) ir *DDPS* (Varšuva, Lenkija ir Belgija). Fotogrametrinių metodų taikymo technologinė schema pateikta 4.4 pav.



4.4 pav. Fotogrametrinio kartografavimo technologinė schema (Linder 2003)

4.1.1. Skaitmeninių fotonuotraukų orientavimas

Objektų erdvinei padėčiai nustatyti aerofotonuotraukos transformuojamos pagal vidinio ir išorinio orientavimo elementus.

Vidinis orientavimas. Pirmasis fotografinių vaizdų apdorojimo etapas yra vidinis orientavimas. Vidinio orientavimo tikslas – atkurti projektuojamųjų spindulių geometriją kiekvienos ekspozicijos momentu. Šiam tikslui reikia surasti fotokameros parametrų – pagrindinio atstumo ir pagrindinio taško padėtis fotogrametrinės įrangos koordinačių sistemoje.

Skaitmeninėje fotogrametrijoje vidiniu orientavimu skaitmeninio fotografinio vaizdo kiekvieno pikselio koordinatės transformuojamos į fotonuotraukos koordinačių sistemą. Randama fotokameros, fotografinio vaizdo ir skaitmeninio vaizdo koordinačių sistemų sąsaja.

Fotografiniai vaizdai transformuojami pagal vidinio orientavimo parametrus: fotokameros židinio nuotolį, pagrindinio taško koordinatės, fotonuotraukos koordinatinių žymių koordinatės, radialinę (simetrinę) bei tangentinę (asimetrinę) lęšių distorsijas.

Visi fotokamerą charakterizuojantys parametrai yra nustatomi fotokamerų kalibravimo laboratorijoje ir pateikiami fotokameros kalibravimo sertifikate (žr. 4.3 pav.).

Pradedant vidinį orientavimą, pirmiausiai nustatomos aerofotonuotraukų x ir y ašių kryptys. Pagal nurodytas koordinačių ašių kryptis automatiškai skaičiuojami skaitmeninio fotografinio vaizdo transformavimo į fotografinio vaizdo koordinačių sistemą parametrai (Linder 2003).

Fotografinio vaizdo koordinatėms transformuoti į skaitmeninio vaizdo koordinačių sistemą matuojamos kiekvienos (kairiosios ir dešinėsios) fotonuotraukos aštuonios koordinatinės žymės. Tai fotokameros vidiniame rėmelyje ties fotoplokšte įbrėžti ženklai, kurie gerai matomi fotonuotraukose.

Sąsaja tarp skaitmeninio vaizdo (pikselių) koordinačių sistemos x, y ir fotonuotraukos koordinačių sistemos x', y' randama išmatavus mažiausiai keturių koordinatinių žymių koordinatės, taikant afininio transformavimo metodo formules (Luhmann et al. 2006):

$$\begin{aligned}x' &= a_0x + a_1y + a_2, \\y' &= b_0x + b_1y + b_2\end{aligned}\tag{4.1}$$

čia x', y' – fotonuotraukos koordinatės, x, y – pikselių koordinatės, $a_0, a_1, a_2, b_0, b_1, b_2$ – šeši nežinomieji transformavimo koeficientai (parametrai).

Išmatavus daugiau nei trijų koordinatinių žymių koordinatės, nežinomiems apskaičiuoti taikomas mažiausiųjų kvadratų išlyginimo metodas.

$$\bar{x} = A \cdot p,\tag{4.2}$$

čia $\bar{x}$ – išlygintų fotonuotraukos koordinatinių žymių koordinačių vektorius; A – koeficientų, skaitmeninio vaizdo (pikselių) koordinačių sistemoje, matrica; p – nežinomųjų vektorius;

$\bar{x} = x + n$, x – neišlygintų koordinatų reikšmių vektorius; n – liekamųjų paklaidų vektorius.

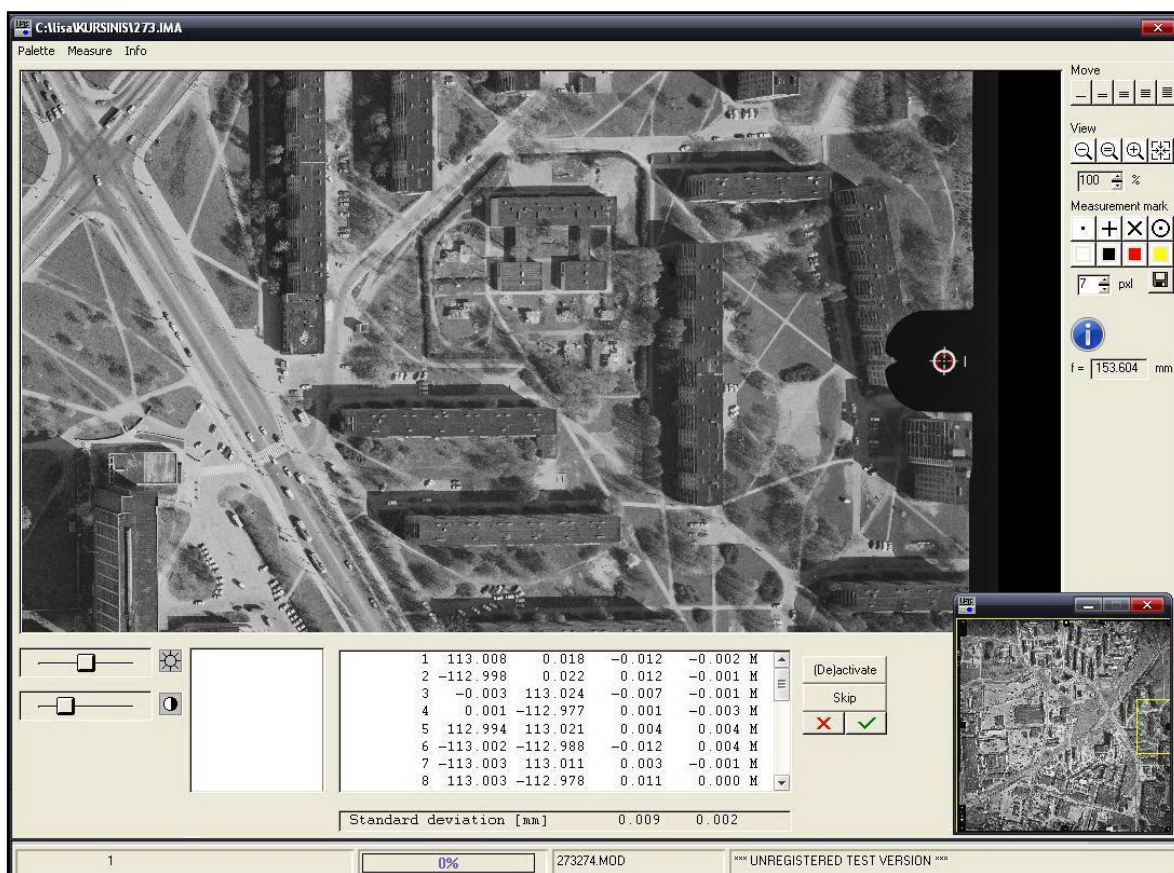
Vektorius p ir šeši nežinomieji (transformavimo koeficientai) randami išsprendus lygtis:

$$p = (A^T A)^{-1} A^T x. \quad (4.3)$$

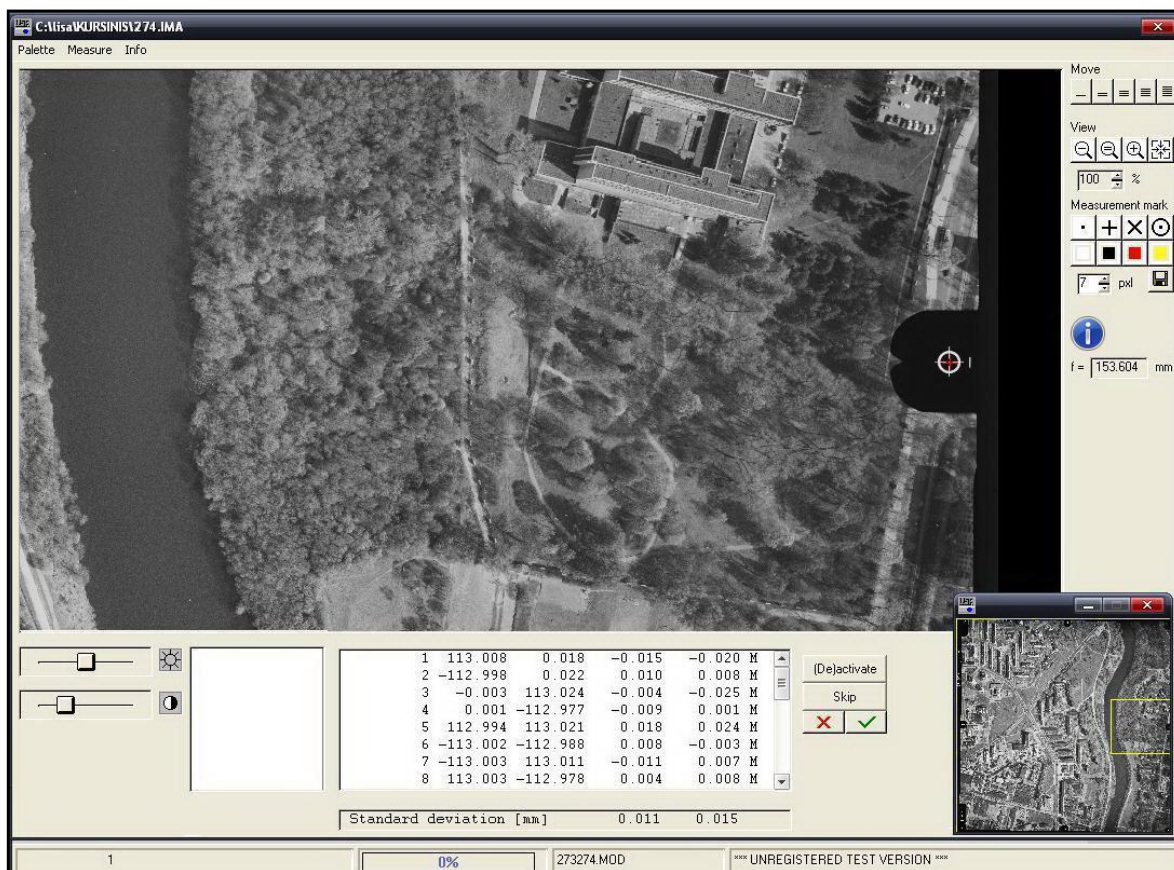
Apskaičiavus afininio transformavimo parametrus, kiekvienas skaitmeninio fotografinio vaizdo taškas gali būti transformuojamas į fotonuotraukos koordinatų sistemą. Ir atvirkščiai, kiekvienas fotonuotraukos taškas transformuojamas į pikselių koordinates, o šeši koordinatų transformavimo parametrai apskaičiuojami tokiu pat būdu.

Atliekant vidinį orientavimą, koordinatinės žymės matuojamos tik tuomet, kai fotonuotraukos gautos, fotografuojant tradicine metrine fotokamera. Skaitmeninėse fotokameros, kurių vienas iš pagrindinių elementų yra CCD sensorius, koordinatinės žymės nereikalingos, nes kiekvienas CCD elementas atitinka tą patį fotografinio vaizdo elementą kiekvienu fotografavimo momentu. Šiuo atveju, fotografinių vaizdų vidinis orientavimas atliekamas tiesiogiai tik vieną kartą, t. y. vidinio orientavimo kiekvienai fotonuotraukai atlikti nereikia.

Vilniaus miesto aerofotonuotraukų vieno modelio vidinis orientavimas *LISA* ir *DDPS* programinėmis sistemomis. Kairiosios ir dešinėsios aerofotonuotraukų 21/22 (numeriai bloke 273/274) vidinio orientavimo fotogrametrine programine sistema *LISA* rezultatai pateikti 4.5 pav. ir 4.6 pav.

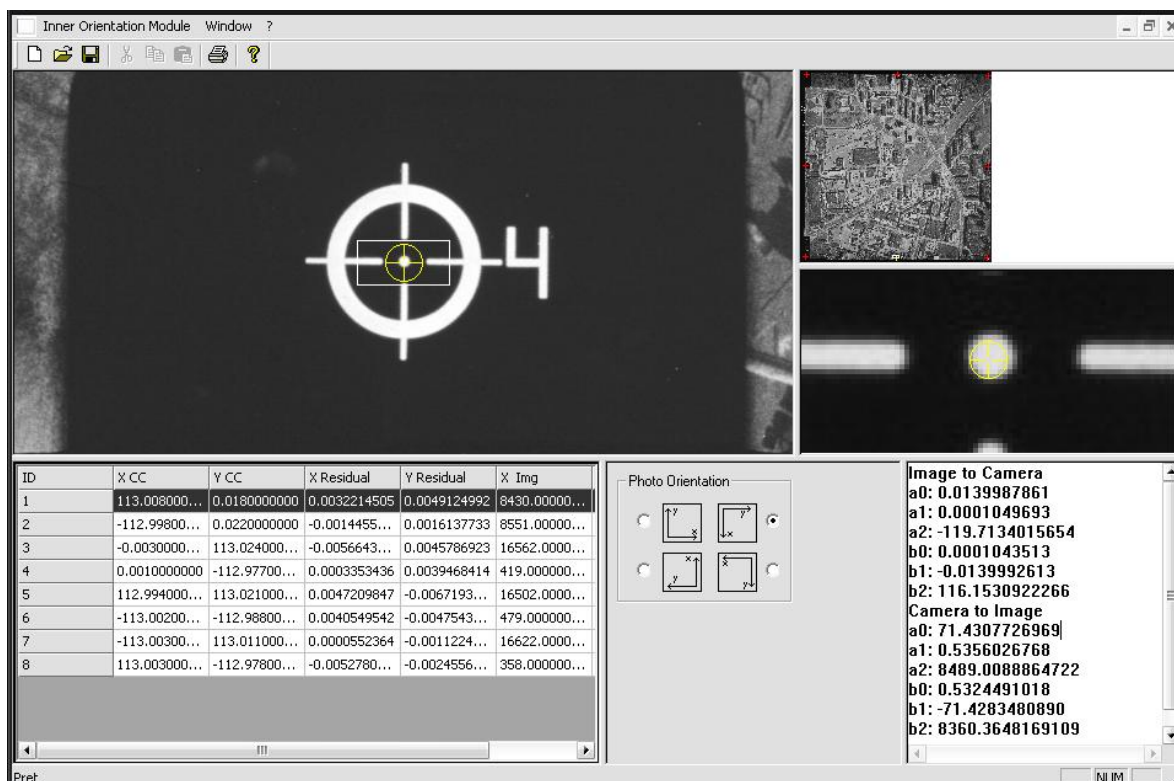


4.5 pav. Kairiosios aerofotonuotraukos vidinio orientavimo *LISA* programa rezultatai

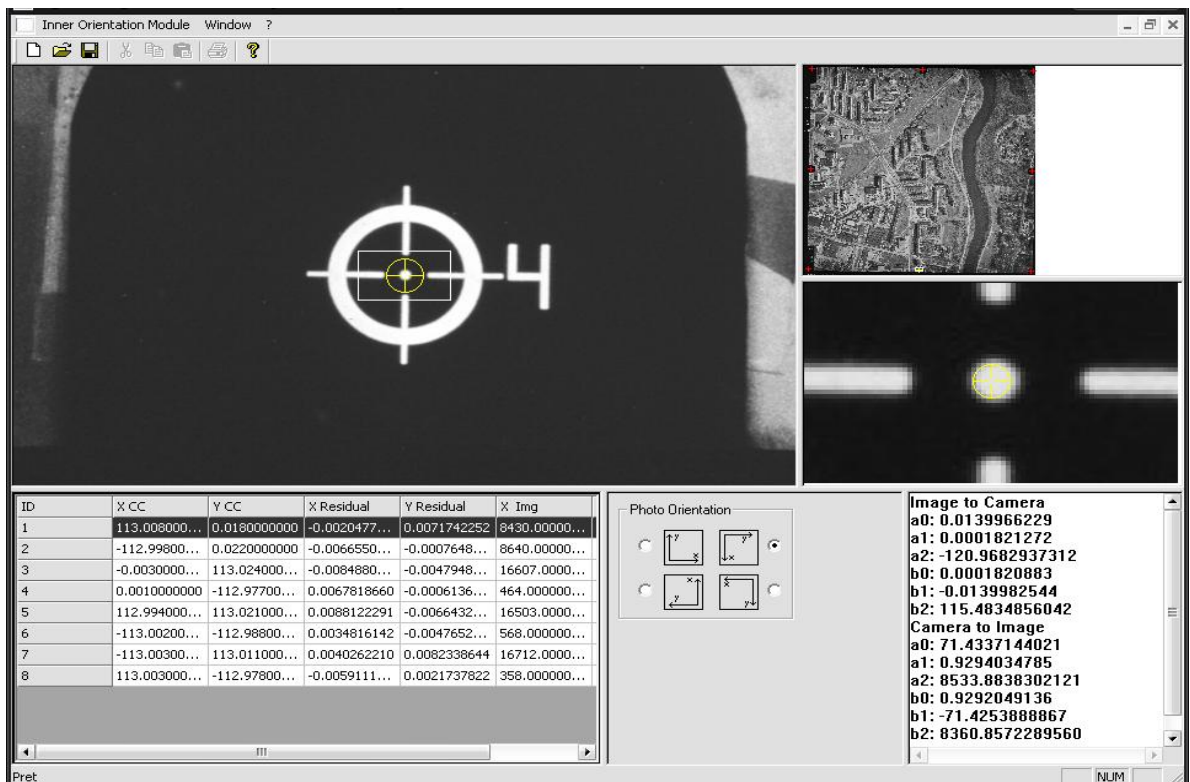


4.6 pav. Dešinėsios aerofotonuotraukos vidinio orientavimo LISA programa rezultatai

Kairiosios ir dešinėsios aerofotonuotraukų stereoporos vidinio orientavimo fotogrametrine programine sistema DDPS rezultatai pateikiami 4.7 pav. ir 4.8 pav.



4.7 pav. Kairiosios aerofotonuotraukos vidinio orientavimo rezultatai DDPS programa



4.8 pav. Dešinėsios aerofotonuotraukos vidinio orientavimo rezultatai DDPS programa

Koordinatinės žymės matuojamos 10 μm (0,01 mm) tikslumu. Jei kurios nors koordinatinės žymės matavimo tikslumas netenkina reikalaujamo, t. y. gautoji paklaida didesnė nei 0,01 mm, tai šios koordinatinės žymės matavimas kartojamas (Linder 2003).

Gautos vidinio orientavimo koordinatinių žymių standartinio nuokrypio reikšmės fotogrametrine programine sistema *LISA* – kairiosios aerofotonuotraukos (nr. bloke 273) $\sigma_x = 0,009$ mm ir $\sigma_y = 0,002$ mm, o dešinėsios aerofotonuotraukos (nr. bloke 274) $\sigma_x = 0,011$ mm ir $\sigma_y = 0,015$ mm. Didžiausia aerofotonuotraukų transformavimo paklaida yra 0,025 mm.

Vidinio orientavimo koordinatinių žymių standartinio nuokrypio reikšmės gautos su skaitmenine fotogrametrine sistema *DDPS* – kairiosios aerofotonuotraukos (nr. bloke 273) $\sigma_x = 0,004$ mm ir $\sigma_y = 0,004$ mm, o dešinėsios aerofotonuotraukos (nr. bloke 274) $\sigma_x = 0,006$ mm ir $\sigma_y = 0,005$ mm. Didžiausia aerofotonuotraukų transformavimo paklaida yra 0,008 mm.

Išanalizavus gautus fotografinių vaizdų 273 ir 274 vidinio orientavimo rezultatus su fotogrametrinėmis programinėmis sistemomis *LISA* bei *DDPS* nustatyta, kad atlikti koordinatinių žymių matavimai neviršija ribinių standartinio nuokrypio reikšmių ir atitinka keliamus 0,01 mm tikslumo reikalavimus. Koordinatinės žymės, atliekant vidinį orientavimą, išmatuotos tiksliau su fotogrametrine programine sistema *DDPS*.

Išorinis orientavimas. Išorinio orientavimo tikslas – surasti sąsają tarp fotonuotraukos ir vietovės koordinačių sistemų. Koordinačių sistemų sąsaja išreiškiama fotonuotraukos padėtimi erdvėje ir kampiniais posūkiiais apie x, y ir z ašis kiekvienos ekspozicijos momentu, t. y. nustatomi

septyni išorinio orientavimo parametrai:

- ✓ trys posūkių apie ašis kampai ω , φ ir κ ;
- ✓ projekcijos taško koordinatės vietovės koordinačių sistemoje X_0 , Y_0 ir Z_0 ;
- ✓ mastelio koeficientas λ .

Šie parametrai apskaičiuojami remiantis atraminiais taškais, kurių koordinatės yra žinomos vietovės koordinačių sistemoje. Septyniems išorinio orientavimo parametrams apskaičiuoti (septynioms lygtims sudaryti) reikia mažiausiai dviejų atraminių taškų su žinomomis X , Y ir Z koordinatėmis ir vieno taško, kurio žinoma Z koordinatė – tai teorinis atvejis. Siekiant įvertinti išorinio orientavimo tikslumą, reikia daugiau kaip septynių atraminių taškų, kurie būtų išsidėstę visame fotografinio vaizdo plote.

Fotografinių vaizdų išorinis orientavimas gali būti atliekamas dviem etapais:

- 1) reliatyvusis orientavimas;
- 2) absoliutusias orientavimas.

Pirmuoju išorinio orientavimo etapu – fotonuotraukų reliatyviuoju orientavimu, nustatant fotografinių vaizdų sanklodos srityje pavienių taškų koordinates, sukuriamas stereoskopinis modelis sąlyginėje koordinačių sistemoje xyz . Antruoju etapu – fotonuotraukų absoliučiuoju orientavimu modelio koordinatės transformuojamos į vietovės koordinačių sistemą XYZ .

Reliatyviojo orientavimo tikslas – rasti tokią dviejų fotografinių vaizdų padėtį, kurioje kiekvienas aerofotonuotraukų sanklodos taškas atitiktų sąlygą – spindulys, einantis per kairiosios fotonuotraukos tašką ir projekcijos centrą, ir spindulys, einantis per dešinėsios fotonuotraukos tašką ir projekcijos centrą, turi susikirsti viename taške. Tokia sąlyga bus išlaikyta, jeigu dviejų identiškių taškų vertikalusis (skersinis) paralaksas $p_y = 0$.

Vokiečių mokslininkas Otto von Gruber sukūrė aerofotonuotraukų reliatyviojo orientavimo metodą, kai stereomodelyje matuojami standartiškai parinktose vietose bendrieji fotonuotraukų taškai, turintys skirtingus projekcijos centrus – homologiniai taškai. Reliatyviajam orientavimui atlikti aerofotonuotraukose parenkami ne mažiau kaip penki, gerai matomi dešiniajame ir kairiajame vaizduose, vadinamieji *Gruberio*, taškai.

Išmatavus homologinių taškų koordinates ir apskaičiavus aerofotonuotraukų reliatyvaus orientavimo elementus, dvi fotonuotraukos jungiamos į stereoskopinio modelio koordinačių sistemą, kurios pradžios taškas yra kairiosios fotonuotraukos pagrindinis taškas.

Skaičiuojamos erdvinės fotografinio vaizdo koordinatės (Linder 2003):

$$\begin{pmatrix} x_i \\ y_i \\ z_i \end{pmatrix} = dR \begin{pmatrix} x' \\ y' \\ -c \end{pmatrix}, \quad (4.4)$$

$$\text{čia } dR \begin{pmatrix} 1 & -d\kappa_i & d\varphi_i \\ d\kappa_i & 1 & -d\omega_i \\ -d\varphi_i & d\omega_i & 1 \end{pmatrix}; x'_1 = -c \frac{x_i}{z_i}, y'_1 = -c \frac{y_i}{z_i}.$$

Kai p_y paralakso reikšmės pakankamai mažos, fotonuotraukos koordinatės x'_1, y'_1 ir x'_2, y'_2 yra transformuotos į naujas koordinatas x'_{n1}, y'_{n1} ir x'_{n2}, y'_{n2} . Šios koordinatės perskaičiuojamos į modelio koordinatas pagal formules:

$$\begin{aligned} Z_m &= -\frac{cB}{x'_{n1} - x'_{n2}}, \\ X_m &= -Z_m \frac{x'_{n1}}{c}, \\ Y_m &= Z_m \frac{y'_{n1}}{c} = -Z_m \frac{y'_{n2}}{c}, \end{aligned} \quad (4.5)$$

čia B – fotografavimo bazė (linija, jungianti projekcijos centrus).

Atlikus reliatyvųjį orientavimą, gaunama trimatė informacija, tačiau modelis nėra masteliu, koordinatinių ašių pradžia nenustatyta ir ašių sistema nėra orientuota vietovės koordinatinių sistemos atžvilgiu. Stereoskopinio modelio koordinatėms transformuoti į vietovės koordinatinių sistemą atliekamas *absoliutusias orientavimas*.

Sąsaja tarp modelio koordinatinių X_m, Y_m, Z_m ir atraminių taškų koordinatinių X, Y, Z išreiškiama lygtimis:

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{pmatrix} + \lambda R \begin{pmatrix} X_m \\ Y_m \\ Z_m \end{pmatrix}, \quad (4.6)$$

čia X_0, Y_0, Z_0 – projekcijos centro koordinatės, λ – mastelio koeficientas, R – modelio koordinatinių sistemos $(XYZ)_m$ posūkio, XYZ koordinatinių sistemos atžvilgiu, matrica:

$$R = \begin{pmatrix} \cos \varphi \cos \kappa & -\cos \varphi \sin \kappa & \sin \varphi \\ \cos \omega \sin \kappa + \sin \omega \sin \varphi \cos \kappa & \cos \omega \cos \kappa - \sin \omega \sin \varphi \sin \kappa & -\sin \omega \cos \varphi \\ \sin \omega \sin \kappa - \cos \omega \sin \varphi \cos \kappa & \sin \omega \cos \kappa + \cos \omega \sin \varphi \sin \kappa & \cos \omega \cos \varphi \end{pmatrix}.$$

Koordinatinių transformavimas atliekamas pagal atraminius taškus, kurių koordinatės vietovės koordinatinių sistemoje nustatytos geodeziniais matavimais arba atlikus atramos tinkle sutankinimą – aerotrianguliaciją. Kai kurie atraminiai taškai gali būti neįtraukiami į absoliutinio orientavimo parametrų skaičiavimą. Pagal juos atliekama koordinatinių transformavimo kontrolė.

Mažiausiai septinių lygčių reikia septyniems išorinio orientavimo parametrams $X_0, Y_0, Z_0, \lambda, \omega, \varphi$ ir κ nustatyti. Tam reikia turėti pakankamą kiekį atraminių taškų. Žinant vieno atraminio taško koordinates X, Y ir Z , galima sudaryti tris lygtis (Ruzgienė 2008).

Nežinomieji apskaičiuojami, taikant mažiausiųjų kvadratų išlyginimo metodą, o pirmajam

priartėjimui priimamos reikšmės:

$$\Omega = \Phi = 0, K = \arctg \frac{dY_m}{dX_m} - \arctg \frac{dY}{dX}, \lambda = \left(\frac{dX_m^2 + dY_m^2}{dX^2 + dY^2} \right)^{-1/2},$$

$$X_0 = X - \lambda(X \cos \kappa + Y \sin \kappa),$$

$$Y_0 = Y - \lambda(X \sin \kappa + Y \cos \kappa),$$

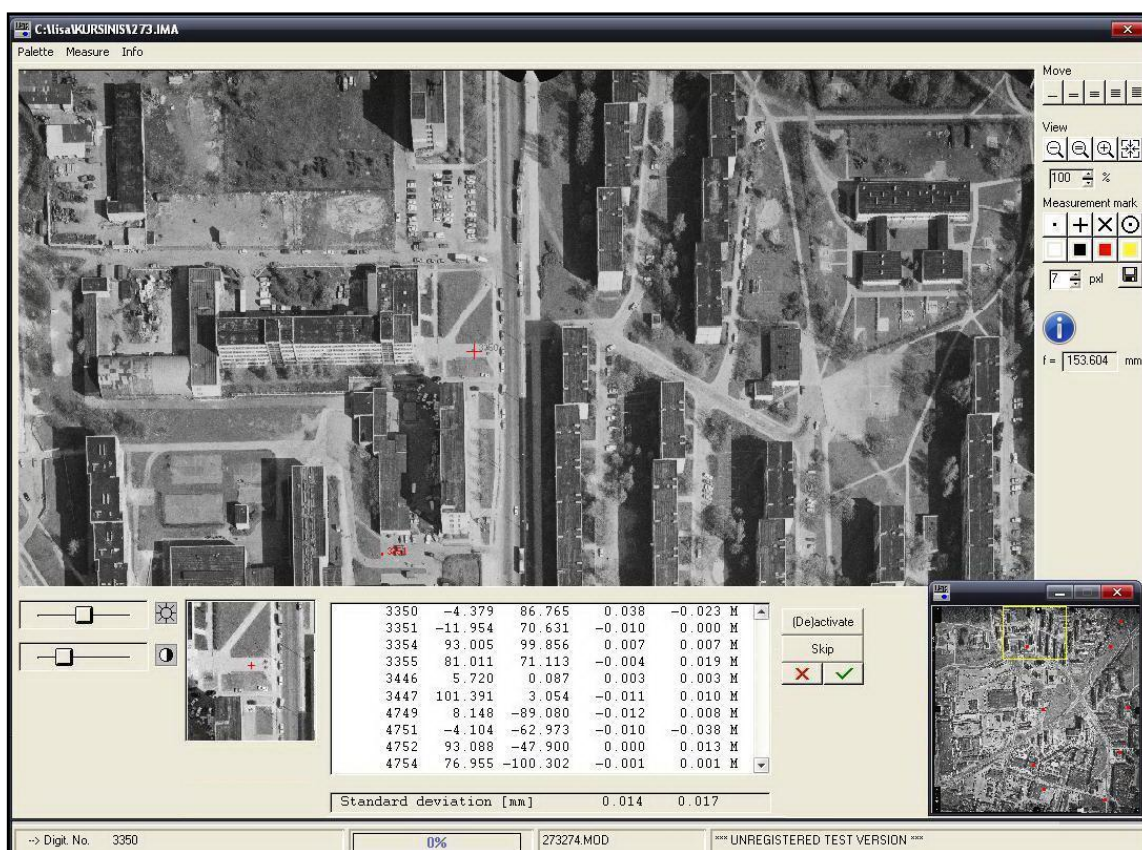
$$Z_0 = X - \lambda Z,$$
(4.7)

čia Ω , Φ , K – stereomodelio koordinačių sistemos posūkio kampai, dX_m , dY_m – stereomodelio koordinačių pokyčiai, dX , dY – geodezinių koordinačių skirtumai.

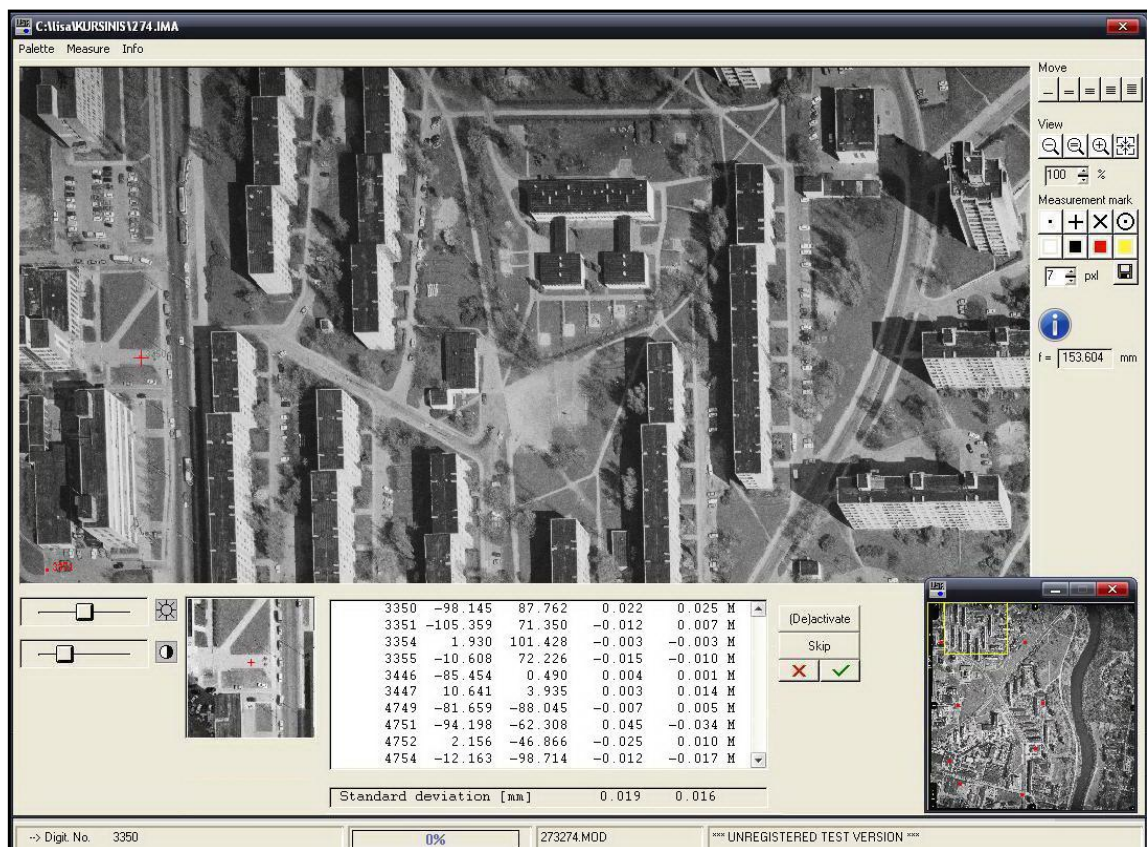
Kiekvienai stereoporai reikalingi ne mažiau kaip trys atramos taškai su žinomomis X , Y , Z koordinatėmis. Reikia, kad šie taškai aerofotonuotraukose būtų išsidėstę ne vienoje tiesėje.

Vilniaus miesto aerofotonuotraukų vieno modelio išorinis orientavimas *LISA* ir *DDPS* programinėmis sistemomis. Absoliučiajam aerofotonuotraukų orientavimui atlikti su fotogrametrine programine sistema *LISA* bei *DDPS* naudojama 10 atramos taškų (žr. C priedą). Taip gaunami patikimesni bei tikslesni absoliučiojo orientavimo rezultatai.

Kairiosios 273 ir dešinėsios 274 aerofotonuotraukų absoliučiojo orientavimo rezultatai su fotogrametrine programine sistema *LISA* pateikti 4.9 pav. ir 4.10 pav.



4.9 pav. Kairiosios aerofotonuotraukos absoliučiojo orientavimo rezultatai su *LISA* programa



4.10 pav. Dešiniosios aerofotonuotrukos absoliučiojo orientavimo rezultatai su LISA programa

Aerofotonuotrukų 273/274, atliktų su fotogrametrine programine sistema DDPS, absoliučiojo orientavimo rezultatai pateikti 4.11 pav.



4.11 pav. Absoliučiojo orientavimo rezultatai su fotogrametrine DDPS programa

Gauti absoliučiojo orientavimo rezultatai – atramos taškų koordinatės kairiojoje ir dešiniojoje aerofotonuotraukoje skaitmeninio vaizdo koordinatėse sistemoje, modelio posūkio/posvyrio kampai, projekcijos centro koordinatės, fotografinių vaizdų transformavimo tikslumo duomenys.

Atramos taškų matavimo tikslumas – 10 cm. Jei paklaidų reikšmės gaunamos didesnės, tai atliekamas matavimo rezultatų koregavimas, t. y. tikslinama taško padėtis kairiajame ir dešiniajame fotografiniame vaizde (Linder 2003).

Gautosios išorinio orientavimo atramos taškų standartinio nuokrypio reikšmės fotogrametrine programine sistema *LISA* – kairiosios aerofotonuotraukos (nr. bloke 273) $\sigma_x = 0,014$ mm ir $\sigma_y = 0,017$ mm, o dešinėsios aerofotonuotraukos (nr. bloke 274) $\sigma_x = 0,019$ mm ir $\sigma_y = 0,016$ mm.

Aerofotonuotraukų (nr. bloke 273 ir 274) išorinio orientavimo atramos taškų didžiausios paklaidos gautos su skaitmenine fotogrametrine sistema *DDPS* yra $d_x = 0,029$ mm, $d_y = 0,025$ mm ir $d_z = 0,094$ mm.

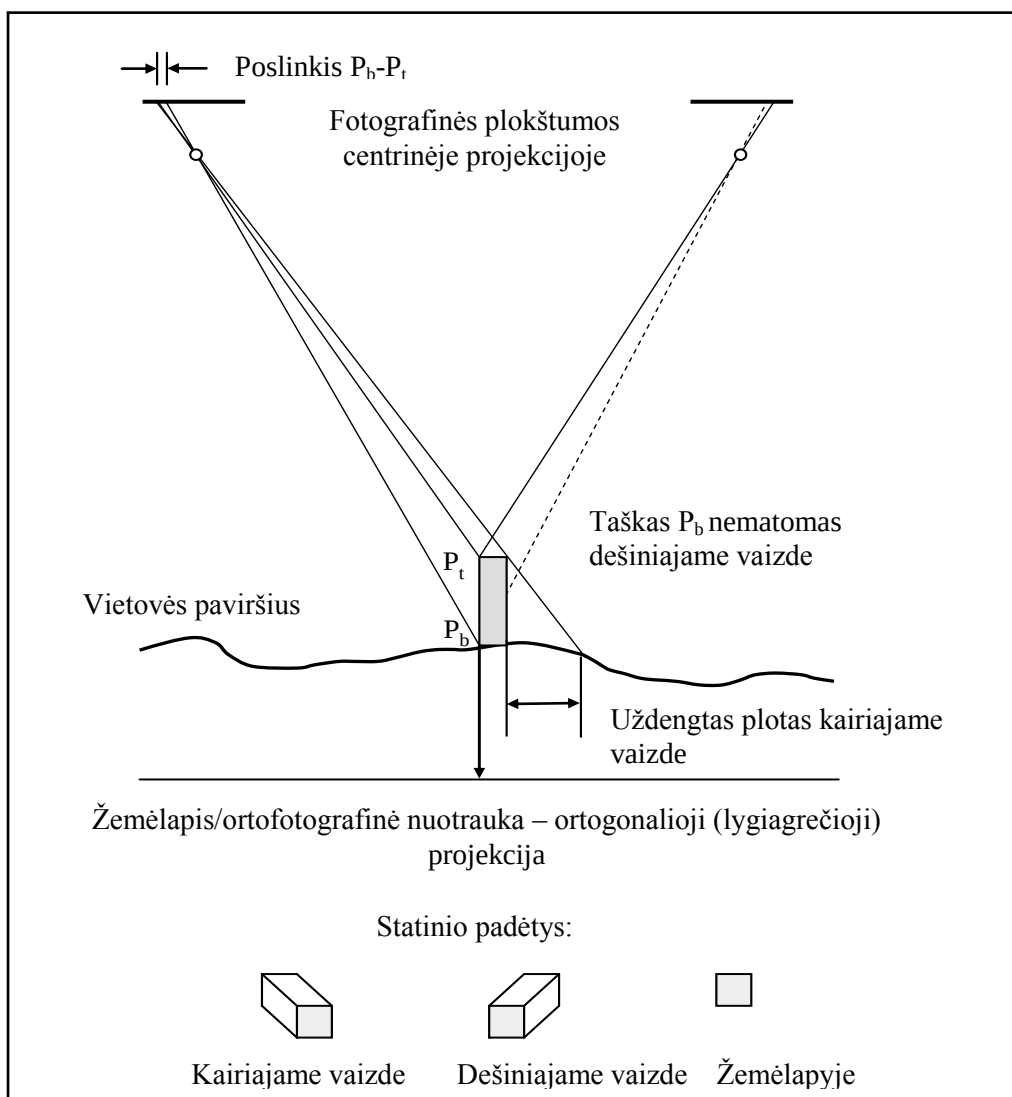
Išanalizavus gautus su fotogrametrine programa *LISA* ir *DDPS* fotografinių vaizdų 273/274 išorinio orientavimo rezultatus, nustatyta, kad absoliutusias orientavimas su fotogrametrine programine sistema *DDPS* atliktas tiksliau.

Apskaičiavus absoliučiojo orientavimo parametrus, galima nustatyti bet kurio taško fotonuotraukų stereoporoje koordinatės vietovės koordinatėse sistemoje. Šiam tikslui reikia identifikuoti (išmatuoti) homologinius taškus ir šių taškų koordinatės apskaičiuojamos automatiškai.

4.1.2. Ortofotografinio žemėlapis sudarymas

Skaitmeninis ortofotografinis žemėlapis yra vietovės, buvusios aerofotografavimo metu, fotografinis (rastrinis) vaizdas, iš centrinės aerofotonuotraukų projekcijos transformuotas į ortogonaliją projekciją, pašalinus objektų fotografiniuose vaizduose iškraipymus dėl fotokameros posvyrio, vietovės reljefo įtakos, Žemės kreivumo bei atmosferos refrakcijos.

Atliekant aerofotonuotraukų transformavimą (ortofotografinį rektifikavimą) pašalinami geometriniai iškraipymai ir sukuriamas ortofotografinis vaizdas. Aerofotonuotraukos centrinė projekcija transformuojama, taikant ortogonalųjį projektavimo principą, kai projektuojamieji spinduliai yra lygiagretūs. Dėl fotografinio vaizdo perspektyvinės projekcijos, atsiranda uždengti plotai, kurie neturi vaizdo duomenų. Tokie tarpai gali būti uždengiami, įkeliant kitų fotografinių vaizdų segmentus. Ortofotografinio vaizdo ir aerofotonuotraukos geometrijos principinė schema pateikta 4.12 pav. (Ruzgienė 2008).



4.12 pav. Ortofotografinio vaizdo ir aerofotonuotraukos geometriniai principai (Linder 2003)

Ortofotografiniam žemėlapiui generuoti kuriamas skaitmeninis Žemės paviršiaus modelis (angl. *Digital Surface model – DSM*). Tai vietovės paviršiaus skaitmeninis modelis ir jame esančių objektų (statinių, augmenijos ir kt.) trimačių koordinatų X , Y ir Z visuma.

Vietovės paviršiaus modelis (angl. *Digital Terrain Model – DTM*) teikia neuždengto („tuščio“) paviršiaus (be statinių, augmenijos ir kt.) duomenis. Skaitmeninis reljefo modelis (angl. *Digital Elevation Model – DEM*) – tai failas ar duomenų bazė, kurioje yra referencinio paviršiaus taškų aukščių, interpoliuojamų remiantis atramos taškais, rinkinys. Kuo daugiau aukščių taškų (tankesnis aukščių taškų tinklas), tuo aukščių interpoliavimo rezultatai patikimesni (Linder 2003).

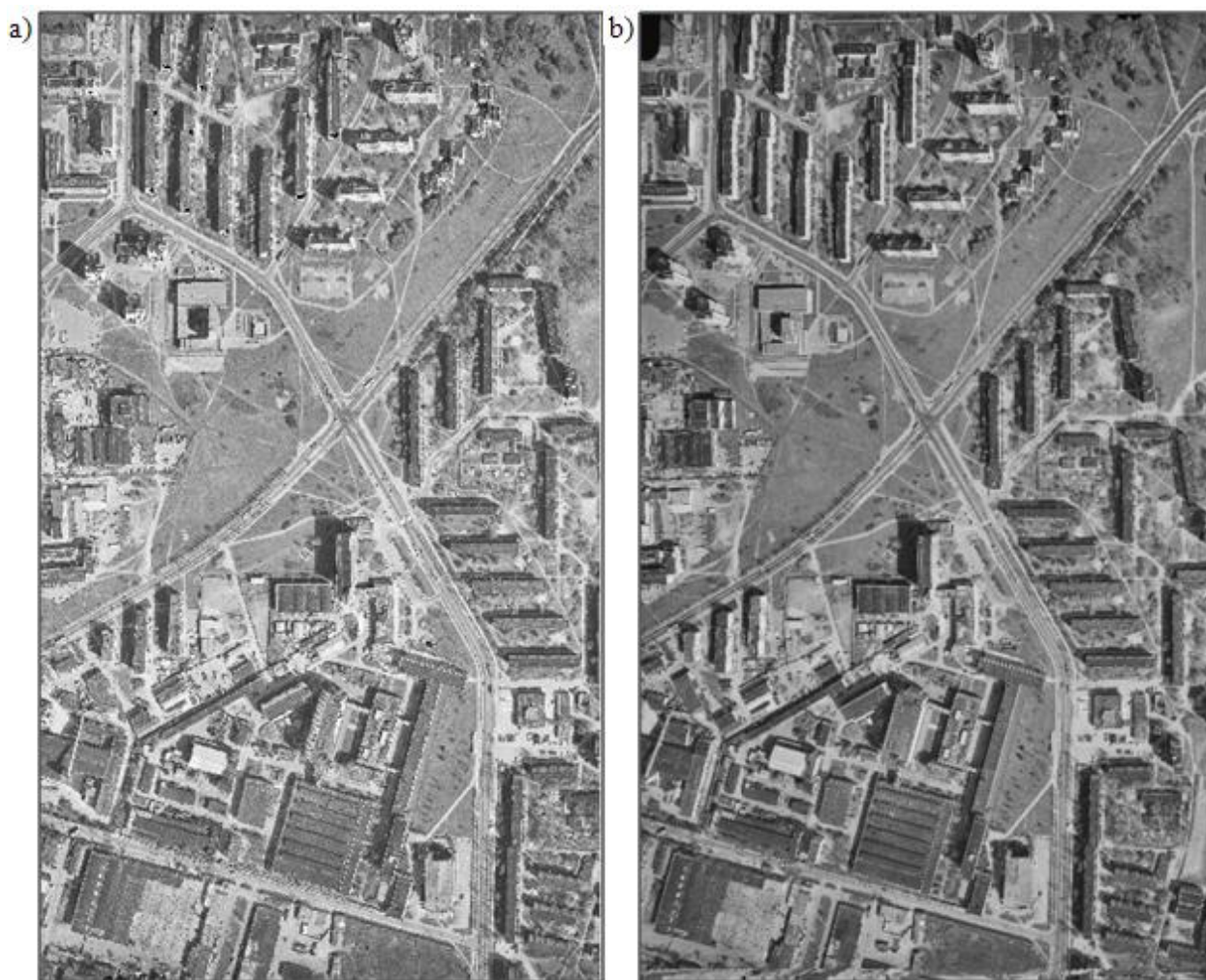
Paviršiaus modelio detalumą ir tikslumą charakterizuoja vaizdo elemento (modelio generavimo žingsnis) matmenys vietovėje ir fotografiniame vaizde.

Atlikus aerofotonuotraukų orientavimą ir sukūrus skaitmeninį reljefo modelį, generuojama ortofotografinė nuotrauka, kuri atitinka geometrinius sudaromojo žemėlapijo reikalavimus. Ortofotografinio vaizdo generavimo uždavinys – prvesti spindulį per kiekvieną fotografinio vaizdo

elementą, projekcijos centrą, reljefo modelio elementą ir stačiu kampu projektuoti į horizontaliąją plokštumą. Spindulio susikirtimas su projektuojamąja plokštuma – tai gautoji padėtis ortogonalioje projekcijoje.

Skaitmeninių ortofotografinių žemėlapių sudarymas apima šiuos pagrindinius procesus: analoginių aerofotonuotaukų skenavimas, atraminio fotogrametrinio tinklo sudarymas – aerotrianguliacija, aerofotonuotaukų vidinis ir išorinis orientavimas, skaitmeninio vietovės modelio generavimas ir redagavimas, ortofotografinio žemėlapių generavimas.

Generuota ortofotografinė nuotrauka, generavimo žingsnis (pikslio dydis) 0,5 m, skaitmenine fotogrametrine sistema *LISA* ir *DDPS* pateikta 4.13 pav.



4.13 pav. Ortofotografinė nuotrauka: a) *LISA*, b) *DDPS*

Ortofotografinių žemėlapių geometrinis tikslumas (aiškių kontūrinių taškų vidutinės absoliučiosios padėties paklaidos) priklauso nuo:

1) *Lėktuvo skrydžio aukščio*. Aerofotografuojamų objektų (ypač aukštų) padėties fotonuotraukoje tikslumui didelės įtakos turi skrydžio aukštis. Aukščių paklaida σ_h apskaičiuojama:

$$\sigma_h = \sigma_p \frac{H}{c} \frac{H}{B}, \quad (4.8)$$

čia σ_p – išilginio paralakso matavimo paklaida (apie $7\mu\text{m}$); B – aerofotografavimo bazė.

Jei fotografuota iš ~ 1000 m aukščio, fotokameros židinio nuotolis $153,604$ mm, fotografavimo bazė ~ 545 m, tai $\sigma_h = \sim 0,10$ m.

2) *Aerofotonuotraukų skenavimo ar fotografinio vaizdo skiriamosios gebos.* Skenuojant aerofotonuotraukus labai svarbu teisingai parinkti skenavimo intervalą (vaizdo elemento – pikselio dydį). Kuo mažesnis pikselis, tuo daugiau informacijos talpina skaitmeninis vaizdas. Aerofotonuotraukas skenuojant labai mažu intervalu (pvz., $7\mu\text{m}$), gaunamos labai didelės apimties duomenų rinkmenos, ir tuomet kyla duomenų valdymo problemų. Kai skenavimo intervalas parenkamas didesnis (pvz., 85 ar $170\mu\text{m}$), prarandama dalis informacijos, ir matavimų rezultatai mažiau tikslūs. Aerofotonuotraukų skenavimo intervalas parenkamas, atsižvelgiant į keliamus skaitmeninių žemėlapių ar vietovės modelių sudarymo tikslumo reikalavimus. Skaitmeninėje fotogrametrijoje aerofotonuotraukoms skenuoti naudojamų skenerių geometrinis skenavimo tikslumas turi būti apie $50\mu\text{m}$. Todėl aerofotonuotraukos, kurių skenavimo geometrinė skiriamoji geba buvo 600 dpi ($42\mu\text{m}$) atitinka skaitmeninės fotogrametrijos tikslumo reikalavimus.

Eksperimentui naudoti aerofotonuotraukų pozityvai nuskenuoti $14\mu\text{m}$ skiriamąja geba (vaizdo elemento didumas) fotogrametriniu skeneriu *Vexell Ultra Scan* ir pateiktos *TIF* formatu.

3) *Atramos taškų koordinatčių nustatymo ir aerotrianguliacijos tinklo sudarymo.* Atramos taškų (kontūrženklų) koordinatės nustatomos geodeziniais metodais, elektroniniais toliamačiais, o dažniausiai – GPS. Koordinuojant kontūrženklus GPS metodu, remiamasi valstybinio II – III klasių GPS tinklo punktais. Trečiosios GPS klasės punktų koordinatčių paklaidos siekia 20 mm, o elipsoidinių aukščių – 35 mm, todėl didesniai tikslumui gauti kaip referencinės stotys naudojami GPS II klasės tinklo punktai.

Išoriniam aerofotonuotraukų orientavimui atramos taškų koordinatės nustatytos 6 cm tikslumu su GPS.

Aerotrianguliacijos metodu atliekamas fotogrametrinio pagrindo sutankinimas. Aerotrianguliacijos tinklas sudaromas analitiniu arba skaitmeniniu (automatiniu) būdu. Kartais vienu metu taikomi abu šie metodai, ir sukurama vientisa fotogrametrinio sutankinimo sistema.

4) *Aerofotonuotraukų orientavimo.*

5) *Vietovės reljefo modelio tikslumo.* Skaitmeninis vietovės modelis – tai tolydinė funkcija $Z(X, Y)$. Reljefo lūžio linijos dažniausiai nustatomi pusiau automatiniu būdu. Sukurtas paviršiaus modelis turi atitikti realiai situacijai reikiamu tikslumu. Kiekvienam taškui su žinomomis X ir Y koordinatėmis nustatomi aukščiai Z . Skaitmeninis reljefo modelis gali būti rastrinis modelis,

susidedantis iš skaitmeninio vaizdo elementų matricos su aukščių reikšmėmis.

Skaitmeninio reljefo modelio tinklo tankumas priklauso nuo vietovės reljefo. Generuojant vidutinio mastelio ortofotografinę nuotrauką, skaitmeninio vietovės modelio tinklo intervalas apie 10 m – 50 m. Jei vietovės reljefas nėra raižytas, užtenka nustatyti taškų aukščius kas 5 – 10 m.

6) *Ortofotografinio žemėlapių generavimo žingsnis*. Prieš generuojant ortofotografinę nuotrauką, nustatomas generavimo intervalas – pikselio dydžio p atitikmuo vietovėje: $p = k \cdot m_{orto}$, čia k – empirinis koeficientas $k = 8,5 \cdot 10^{-5}$ m. Pavyzdžiui, jei sudaromojo ortofotografinio žemėlapių mastelis 1: M = 1:10 000, tai pikselio dydžio atitikmuo vietovėje – 0,85 m, jei $m_{orto} = 2000$, tai $p = 0,17$ m.

Skaitmeninio ortofotografinio žemėlapių generavimo tikslumas apibūdinamas vienu arba dviem vaizdo elemento (pikselio) dydžiais. Pavyzdžiui, jei pikselio dydis 0,10 m, tai sudaromojo ortofotografinio žemėlapių mastelio 1:1000 tikslumas bus 0,20 m. Ortofotografinio žemėlapių, sudaryto 1:1000 bei 1:2000 masteliais, vidutinis geometrinis tikslumas gali būti ne didesnis atitinkamai kaip 0,4 m ir 0,8 m.

Eksperimentinio tyrimo metu generuotojo ortofotografinio žemėlapių tikslumas – 0,5 m.

Geometriškai transformuotos skaitmeninės aerofotonuotraukos bei ortofotografiniai žemėlapiai naudojami daugelyje sričių: krašto kartografavimui, miškotvarkoje, žemės kadastro žemėlapiams sudaryti, žemės valdų riboms koordinuoti ir kt. Be to, ortofotografinių žemėlapių skaitmeniniai duomenys integruojami į geografinių informacinių sistemų duomenų bazes, kadastro informacines sistemas ir kt.

Ortofotografinių žemėlapių privalumai:

- ✓ didelės vizualinio interpretavimo (dešifravimo) galimybės;
- ✓ žemėlapis labai informatyvus;
- ✓ spartus žemėlapių sudarymo būdas;
- ✓ galimybė rastrinius duomenis jungti su vektoriniais;
- ✓ geometrinis tikslumas atitinka keliamus reikalavimus;
- ✓ žemėlapiai lengvai atnaujinami.

Pagrindiniai ortofotografinių žemėlapių trūkumai:

- ✓ kai kurios informacijos stoka, palyginti su tradiciniais geodeziniais ar kartografiniais metodais sudarytu vietovės žemėlapiu;
- ✓ brangiai kainuoja užstatytų teritorijų kartografavimas;
- ✓ kai kuriuos objektus neįmanoma klasifikuoti pagal GIS poreikius;
- ✓ kai kurie žemės paviršiaus objektai nematomi, juos gali dengti miškų ar aukštų statinių šešėliai;
- ✓ stambiojo mastelio užstatytų teritorijų ortofotografinėje nuotraukoje gaunami nuo

fotografavimo centro į pakraščius didėjantys pastatų, medžių ar tiltų radialiniai perspektyviniai iškraipymai.

4.2. Objektų padėties nustatymas

Objektų (aiškiai matomų taškų) skaitmeninėse aerofotonuotaukose planimetrinės koordinatės nustatytos fotogrametriniais metodais naudojantis skaitmeninėmis fotogrametrinėmis sistemomis *LISA* ir *DDPS*. Tų pačių taškų koordinatės nustatytos interaktyviuoju būdu skaitmeniniuose žemėlapiuose *Maps.lt* internetinėje erdvėje, t. y. ortofotografiniame žemėlapyje ir *Google Earth* programinėje aplinkoje – kosminėje nuotraukoje. Išmatuoti pagrindiniai vietovės kontūrai (pastatų, atraminių sienelių, gatvių, aikštelių bei šaligatvių kampai, stulpai, požeminių komunikacijų šulinių dangčiai ir kt.).

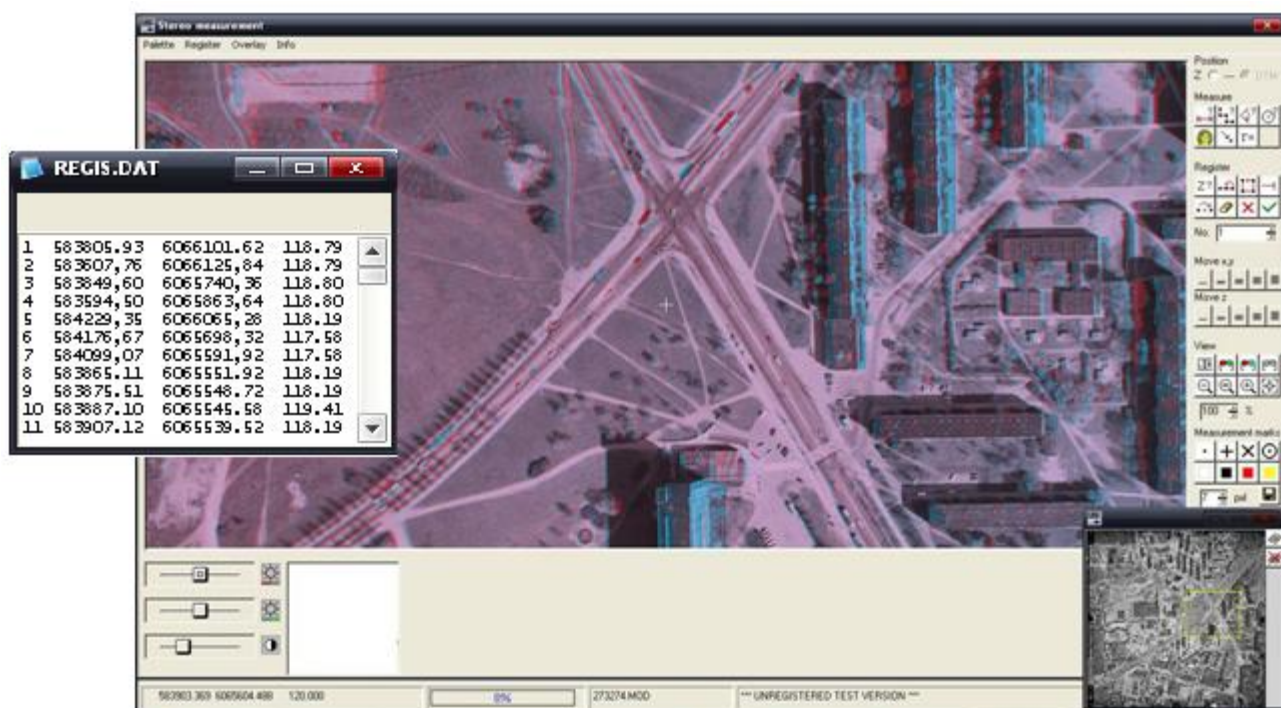
4.2.1. Fotogrametriniai matavimai aerofotografinėje medžiagoje

Atlikus fotografinių vaizdų apdorojimą (vidinį ir išorinį orientavimą) bei sugeneravus ortofotografinę nuotrauką, galima atlikti fotogrametrinius matavimus, t. y. nustatyti vietovėje esančių objektų taškų koordinates LKS-94 koordinatės sistemoje.

Objektų matavimai su skaitmenine fotogrametrine sistema *LISA* atliekami stebint kompiuterio ekrane stereoskopinį vaizdą (4.14 pav.), kai stereopora (abi fotonuotraukos) matoma monitoriuje vienu metu, ir aerofotografiniai vaizdai yra tarpusavyje suorientuoti.

Stereoskopinis vaizdas kuriamas iš kairiosios ir dešinėsios aerofotonuotraukų, naudojantis sąlyginiais raudonuoju ir mėlynuoju (žaliuoju) filtrais. Anaglifinio stereomodelio peržiūrai ir pakeitimams atlikti yra naudojami specialieji spektriniai anaglifiniai akiniai su tokiais pačiais filtrais. Stereofotogrametriniai matavimai anaglifiniu metodu yra patogūs tuo, kad nekelia jokių reikalavimų monitoriui ir vaizdo plokštei. Anaglifinio stereometodo nepatogumas yra tas, kad negalima visavertiškai dirbti su spalvotais vaizdais ir yra šioks toks vaizdo užtamsinimas dėl spalvotų filtrų akinuose panaudojimo.

Skaitmeninės fotogrametrinės sistemos *LISA* stereoskopinio matavimo esmė – matavimo žymė nuleidžiama ant žemės paviršiaus. Sutapatinus abi matavimo žymes ir nustačius teisingą aukštį, paspaudus kairįjį pelės mygtuką registruojamos koordinatės, kurios išsaugomos tam tikru formatu, t. y. išsprendžiamas pagrindinis fotogrametrijos uždavinys – gaunamas 3D vaizdas. Vaizdų valdymas, išdėstymas kompiuterio ekrane atliekamas dinamiu būdu, t. y. matavimo žymė nejudą ir yra kompiuterio monitoriaus centre.

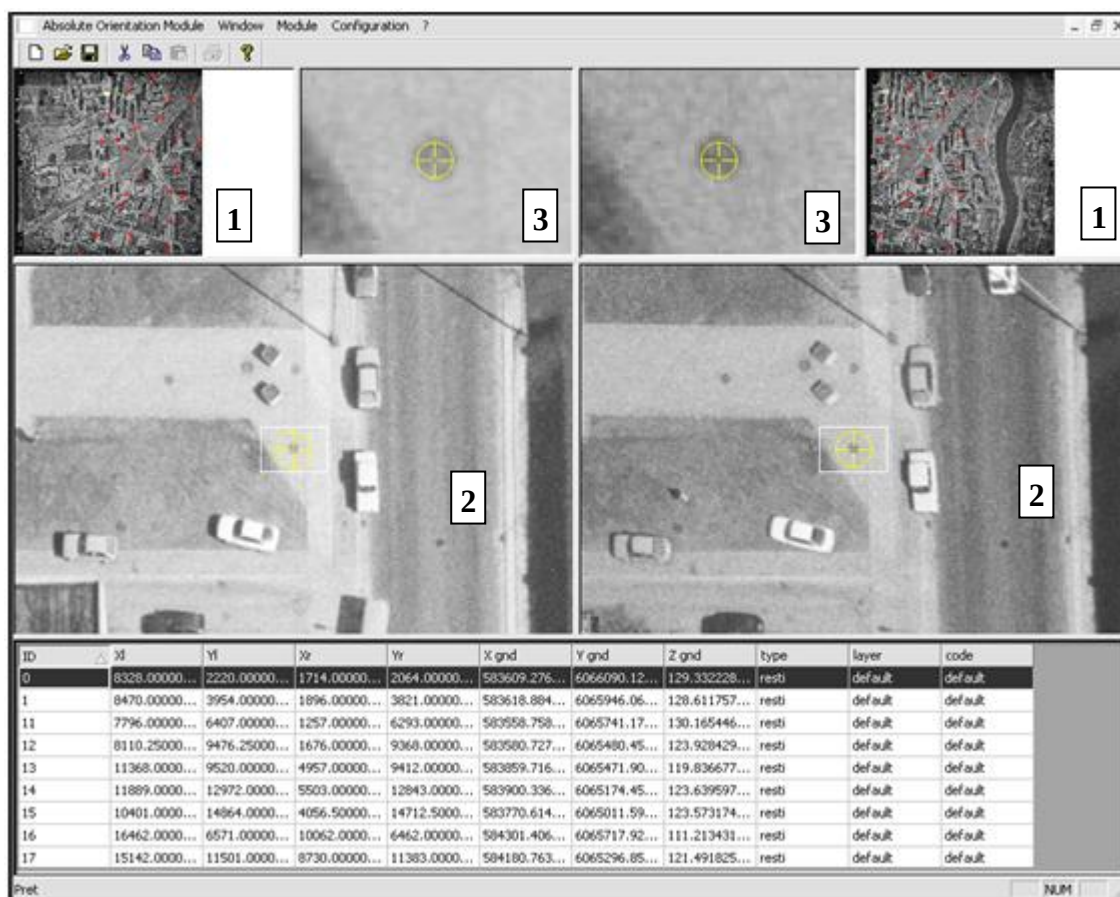


4.14 pav. Matavimo rezultatų su fotogrametrine sistema *LISA* fragmentas

Naudojantis *DDPS* programa, pasirinktųjų taškų koordinatės nustatomos atlikus absoliutųjį aerofotonuotraukų orientavimą, pusiau automatiniu būdu.

Atliekant taškų matavimus (paiešką) fotografiniuose vaizduose su skaitmenine fotogrametrine sistema *DDPS*, pirmiausia matavimo žyme apytikriai ieškoma taško padėtis kairiajame vaizde (1 padėtis) ir spaudžiamas dešinysis pelės mygtukas (4.15 pav.). Ties pasirinktuoju tašku atsiranda centruotas stačiakampis ir dalis fotonuotraukos matoma kairiajame vaizde (2 padėtis). 2-oje padėtyje matoma taško padėtis (3 padėtis). Taškai matuojami, pažymėjus matuojamojo taško eilutę lentelėje, esančioje žemiau vaizdo, matavimo žymės vaizdas tampa brūkšnelių sankryža apskritime. Matavimo žymės centras tiksliai sutapdinamas su matuojamuoju tašku ir, paspaudus kairinį pelės mygtuką, taškas automatiškai identifikuojamas dešiniajame vaizde ir registruojamos koordinatės, kurios matomos fotografinio vaizdo apačioje esančioje lentelėje.

Skaitmenine fotogrametrine sistema *DDPS* vaizdų valdymas kompiuterio ekrane atliekamas statiniu (fiksuočiu) būdu, t. y. judanti matavimo žymė.



4.15 pav. Matavimo rezultatų su fotogrametrine sistema DDPS ištrauka

4.1 lentelėje pateiktos išmatuotų taškų koordinatės su skaitmeninėmis fotogrametrinėmis sistemomis *LISA* ir *DDPS* eksperimentinei analizei atlikti.

4.1 lentelė. Taškų koordinatės, nustatytos fotogrametrinėmis sistemomis *LISA* ir *DDPS*

Taško nr.	Koordinatės nustatytos su <i>LISA</i> , m		Koordinatės nustatytos su <i>DDPS</i> , m	
	X	Y	X	Y
1	6066101,62	583805,93	6066101,51	583805,96
2	6066125,84	583607,76	6066126,13	583608,11
3	6065740,36	583849,60	6065739,46	583850,35
4	6065863,64	583594,50	6065863,89	583594,00
5	6066065,28	584229,35	6066065,99	584229,24
6	6065698,32	584176,67	6065698,70	584177,19
7	6065591,92	584099,07	6065591,71	584100,06
8	6065443,85	584194,85	6065444,18	584194,19
9	6065265,27	584119,74	6065265,58	584119,77
10	6065031,03	583650,88	6065031,27	583650,99
11	6065394,76	583822,67	6065395,10	583822,33
12	6065416,59	584039,45	6065416,94	584039,51
13	6065165,55	583941,34	6065165,37	583940,68

4.1 lentelės tęsinys

14	6065376,84	583605,16	6065376,85	583605,79
15	6064972,88	584083,13	6064972,90	584082,16
16	6065803,29	583979,88	6065803,30	583979,28
17	6066031,00	584020,29	6066031,54	584020,41
18	6065238,56	583663,46	6065238,25	583663,04
19	6065532,80	583562,56	6065533,11	583562,87
20	6065989,67	583722,40	6065989,67	583722,31
21	6066133,04	583584,01	6066133,02	583583,97
22	6066110,56	583669,70	6066110,43	583669,79
23	6066064,70	583800,32	6066064,85	583800,16
24	6065959,46	583651,90	6065959,23	583651,78
25	6066061,86	583655,12	6066061,93	583655,06
26	6065932,78	583700,11	6065932,89	583700,10
27	6065904,32	583750,20	6065904,66	583750,33
28	6065875,46	583804,51	6065875,26	583804,73
29	6065952,69	583852,22	6065952,38	583852,61
30	6066030,29	583893,64	6066030,17	583893,82
31	6065881,45	583925,39	6065881,67	583925,32
32	6065945,70	583963,10	6065945,85	583963,14
33	6066009,98	584001,02	6066009,99	584001,02
34	6066074,10	584039,09	6066074,05	584038,93
35	6065874,24	583950,02	6065874,12	583949,87
36	6065818,42	583847,58	6065818,21	583847,78
37	6066160,88	584071,10	6066160,94	584071,05
38	6065790,06	583978,09	6065790,03	583977,96
39	6065639,78	584060,41	6065639,79	584060,20
40	6065593,49	584212,34	6065593,32	584212,67
41	6065739,02	584188,74	6065739,16	584188,83
42	6065647,90	584182,08	6065647,95	584182,04
43	6065585,82	584079,14	6065585,91	584079,07
44	6065563,64	583994,03	6065563,37	583993,62
45	6065426,96	584079,12	6065426,98	584079,01
46	6065290,10	584191,68	6065289,99	584192,04
47	6065041,14	584165,60	6065040,55	584165,49
48	6064954,28	584152,70	6064954,14	584152,85
49	6065163,96	583814,22	6065164,13	583813,86
50	6065096,20	583758,01	6065096,39	583757,60
51	6065001,32	583808,90	6065001,16	583808,83
52	6065225,07	583615,60	6065224,85	583615,14
53	6065421,06	583688,78	6065421,13	583688,86
54	6065400,04	583641,08	6065399,52	583641,47

4.1 lentelės tęsinys

55	6065803,10	583793,54	6065802,70	583793,20
56	6065804,20	583752,10	6065804,35	583751,64
57	6065544,90	583586,97	6065544,95	583587,06
58	6065519,20	583532,81	6065519,10	583532,79
59	6065455,24	583571,14	6065454,62	583571,37
60	6065595,53	583623,44	6065595,77	583623,22
61	6065625,82	583689,69	6065625,91	583690,08
62	6065842,30	583585,10	6065842,15	583584,84
63	6066008,82	583551,73	6066008,41	583551,58
64	6065909,06	583567,39	6065908,93	583567,06
65	6065839,53	583811,34	6065840,02	583810,97
66	6065972,36	584054,99	6065972,18	584054,81
67	6066045,66	584117,02	6066045,83	584117,16
68	6065648,42	583884,46	6065648,21	583884,78
69	6065483,56	584201,32	6065483,78	584201,21
70	6065167,68	584082,84	6065167,34	584082,65
71	6065308,14	583975,21	6065308,57	583975,42
72	6065687,51	584133,06	6065687,46	584133,53
73	6065443,12	584195,27	6065443,36	584195,63
74	6066150,86	583845,45	6066151,18	583844,81
75	6066029,54	583860,88	6066029,27	583860,72
76	6065979,18	583603,01	6065979,29	583603,70
77	6065727,38	583949,76	6065727,61	583949,38
78	6065298,56	583886,38	6065298,60	583886,39
79	6065377,94	584109,03	6065377,97	584109,02
80	6065328,06	584128,07	6065328,03	584127,96
81	6065270,02	583957,12	6065269,51	583957,48
82	6065049,56	583809,05	6065049,78	583809,21
83	6065437,44	583780,54	6065437,22	583780,77
84	6065299,12	583799,61	6065298,56	583799,43
85	6065303,26	583765,52	6065303,63	583765,36
86	6065229,30	583673,13	6065229,15	583672,84
87	6065205,68	583765,34	6065205,84	583765,17
88	6065331,21	583559,87	6065330,88	583559,11
89	6065117,62	583621,66	6065117,31	583621,68
90	6065748,54	583744,01	6065748,77	583744,22
91	6065788,40	583638,18	6065788,40	583637,59
92	6065715,89	583719,89	6065715,73	583719,26
93	6065709,46	583519,70	6065709,64	583519,35
94	6065397,70	583889,08	6065398,35	583888,64
95	6065523,10	583946,24	6065523,27	583945,72

4.1 lentelės tęsinys

96	6065314,44	584074,72	6065314,63	584074,36
97	6065049,18	583956,78	6065049,09	583956,89
98	6065007,10	584015,88	6065007,05	584015,94
99	6065757,78	584146,28	6065757,89	584146,10
100	6065226,44	584194,54	6065226,22	584194,77
101	6065283,82	584132,02	6065283,41	584132,51
102	6065685,48	583645,73	6065685,29	583645,71
103	6065621,07	584084,84	6065621,03	584084,92

4.2.2. Interaktyvūs matavimai internetiniuose žemėlapiuose

Internetinėje erdvėje „Hnit-Baltic“ sukurtoje interaktyvioje žemėlapių svetainėje (www.maps.lt) pateikiami Lietuvos teritorijos skaitmeniniai ortofotografiniai žemėlapiai, sudarytieji M 1:10 000 pagal 2005 – 2006 metų bei 2009 – 2010 metų aeronuotraukos medžiagą ir apima visą Lietuvos teritoriją. Sukurtosios duomenų bazės ORT10LT rastrinių duomenų skiriamoji geba 0,5 m vietovėje.

Maps.lt žemėlapių aplikacijoje galima gauti taško koordinates dviem formatais, t. y. Lietuvos (LKS-94) ir pasauliniu (WGS-84) (4.16 pav.). Norint tai atlikti, tereikia norimoje žemėlapių vietoje paspausti dešinįjį pelės klavišą ir atsivėrusiame kontekstiniame meniu pasirinkti meniu punktą „Gauti taško koordinates“.



4.16 pav. Koordinačių nustatymas ortofotonuotraukoje (www.maps.lt/map)

Eksperimentinėje vietovėje nustatytos taškų koordinatės ortofotografiniame žemėlapyje iš *Maps.lt* svetainės pateiktos 4.2 lentelėje. *Maps.lt* svetainėje pateikiamos skaitmeninių ortofotografinių žemėlapių, masteliu 1:10 000, taškų koordinatės 1 m tikslumu.

4.2 lentelė. Taškų koordinatės, nustatytos *Maps.lt* ortofotografiniame žemėlapyje

Taško nr.	LKS-94 koordinatžių sistema, <i>m</i>		WGS-84 koordinatžių sistema	
	<i>X</i>	<i>Y</i>	<i>B</i>	<i>L</i>
1	6066102	583805	54° 43' 27,46"	25° 18' 03,48"
2	6066126	583608	54° 43' 28,35"	25° 17' 52,50"
3	6065739	583851	54° 43' 15,69"	25° 18' 05,68"
4	6065864	583594	54° 43' 19,89"	25° 17' 51,46"
5	6066066	584229	54° 43' 26,04"	25° 18' 27,13"
6	6065699	584178	54° 43' 14,20"	25° 18' 23,90"
7	6065591	584101	54° 43' 10,76"	25° 18' 19,49"
8	6065444	584194	54° 43' 05,94"	25° 18' 24,53"
9	6065266	584120	54° 43' 00,24"	25° 18' 20,21"
10	6065032	583651	54° 42' 52,95"	25° 17' 53,77"
11	6065395	583822	54° 43' 04,59"	25° 18' 03,70"
12	6065416	584040	54° 43' 05,14"	25° 18' 15,90"
13	6065166	583941	54° 42' 57,11"	25° 18' 10,11"
14	6065377	583606	54° 43' 04,13"	25° 17' 51,61"
15	6064973	584080	54° 42' 50,78"	25° 18' 17,67"
16	6065804	583980	54° 43' 17,71"	25° 18' 12,95"
17	6066032	584020	54° 43' 25,07"	25° 18' 15,42"
18	6065239	583663	54° 42' 59,64"	25° 17' 54,66"
19	6065534	583563	54° 43' 09,24"	25° 17' 49,37"
20	6065989	583722	54° 43' 23,86"	25° 17' 58,73"
21	6066133	583584	54° 43' 28,59"	25° 17' 51,18"
22	6066110	583670	54° 43' 27,79"	25° 17' 55,95"
23	6066065	583800	54° 43' 26,26"	25° 18' 03,18"
24	6065959	583652	54° 43' 22,94"	25° 17' 54,76"
25	6066062	583655	54° 43' 26,26"	25° 17' 55,07"
26	6065933	583700	54° 43' 22,06"	25° 17' 57,42"
27	6065905	583750	54° 43' 21,12"	25° 18' 00,23"
28	6065875	583805	54° 43' 20,11"	25° 18' 03,24"
29	6065952	583853	54° 43' 22,58"	25° 18' 05,99"
30	6066030	583894	54° 43' 25,07"	25° 18' 08,40"
31	6065882	583925	54° 43' 20,28"	25° 18' 09,93"
32	6065946	583963	54° 43' 22,33"	25° 18' 12,13"
33	6066010	584001	54° 43' 24,37"	25° 18' 14,35"
34	6066074	584039	54° 43' 26,42"	25° 18' 16,55"
35	6065874	583950	54° 43' 19,99"	25° 18' 11,34"
36	6065818	583848	54° 43' 18,25"	25° 18' 05,58"
37	6066161	584071	54° 43' 29,22"	25° 18' 18,41"
38	6065790	583978	54° 43' 17,27"	25° 18' 12,82"
39	6065640	584060	54° 43' 12,38"	25° 18' 17,25"

4.2 lentelės tęsinys

40	6065593	584213	54° 43' 10,74"	25° 18' 25,77"
41	6065740	584188	54° 43' 15,52"	25° 18' 24,51"
42	6065648	584182	54° 43' 12,54"	25° 18' 24,06"
43	6065586	584079	54° 43' 10,60"	25° 18' 18,23"
44	6065563	583994	54° 43' 09,92"	25° 18' 13,50"
45	6065427	584079	54° 43' 05,47"	25° 18' 18,09"
46	6065289	584193	54° 43' 00,93"	25° 18' 24,30"
47	6065040	584166	54° 42' 52,91"	25° 18' 22,54"
48	6064954	584153	54° 42' 50,13"	25° 18' 21,72"
49	6065165	583813	54° 42' 57,16"	25° 18' 02,93"
50	6065097	583757	54° 42' 54,98"	25° 17' 59,74"
51	6065001	583809	54° 42' 51,86"	25° 18' 02,54"
52	6065224	583616	54° 42' 59,18"	25° 17' 52,04"
53	6065422	583688	54° 43' 05,54"	25° 17' 56,26"
54	6065399	583642	54° 43' 04,81"	25° 17' 53,67"
55	6065802	583794	54° 43' 17,78"	25° 18' 02,57"
56	6065805	583751	54° 43' 17,89"	25° 18' 00,15"
57	6065545	583587	54° 43' 09,59"	25° 17' 50,75"
58	6065519	583533	54° 43' 08,78"	25° 17' 47,67"
59	6065454	583572	54° 43' 06,65"	25° 17' 49,80"
60	6065596	583623	54° 43' 11,21"	25° 17' 52,78"
61	6065626	583690	54° 43' 12,13"	25° 17' 56,56"
62	6065842	583585	54° 43' 19,17"	25° 17' 50,93"
63	6066008	583552	54° 43' 24,58"	25° 17' 49,24"
64	6065908	583568	54° 43' 21,32"	25° 17' 50,06"
65	6065841	583810	54° 43' 19,03"	25° 18' 03,50"
66	6065972	584055	54° 43' 23,10"	25° 18' 17,32"
67	6066046	584117	54° 43' 25,48"	25° 18' 20,86"
68	6065648	583885	54° 43' 12,75"	25° 18' 07,50"
69	6065484	584201	54° 43' 07,25"	25° 18' 24,97"
70	6065167	584083	54° 42' 57,06"	25° 18' 18,02"
71	6065309	583975	54° 43' 01,71"	25° 18' 12,14"
72	6065687	584134	54° 43' 13,83"	25° 18' 21,41"
73	6065444	584195	54° 43' 05,95"	25° 18' 24,56"
74	6066152	583844	54° 43' 29,06"	25° 18' 05,73"
75	6066029	583861	54° 43' 25,06"	25° 18' 06,52"
76	6065980	583603	54° 43' 23,63"	25° 17' 52,07"
77	6065728	583949	54° 43' 15,29"	25° 18' 11,14"
78	6065299	583886	54° 43' 01,45"	25° 18' 07,15"
79	6065378	584109	54° 43' 03,86"	25° 18' 19,70"
80	6065328	584128	54° 43' 02,22"	25° 18' 20,72"

4.2 lentelės tęsinys

81	6065269	583958	54° 43' 00,42"	25° 18' 11,17"
82	6065050	583809	54° 42' 53,43"	25° 18' 02,60"
83	6065437	583781	54° 43' 05,96"	25° 18' 01,47"
84	6065298	583800	54° 43' 01,48"	25° 18' 02,39"
85	6065304	583765	54° 43' 01,69"	25° 18' 00,41"
86	6065229	583673	54° 42' 59,29"	25° 17' 55,19"
87	6065206	583765	54° 42' 58,50"	25° 18' 00,34"
88	6065330	583560	54° 43' 02,65"	25° 17' 49,00"
89	6065117	583622	54° 42' 55,71"	25° 17' 52,24"
90	6065749	583744	54° 43' 16,07"	25° 17' 59,72"
91	6065789	583637	54° 43' 17,44"	25° 17' 53,79"
92	6065715	583720	54° 43' 15,01"	25° 17' 58,36"
93	6065710	583519	54° 43' 14,96"	25° 17' 47,09"
94	6065399	583888	54° 43' 04,68"	25° 18' 07,37"
95	6065524	583945	54° 43' 08,70"	25° 18' 10,69"
96	6065315	584074	54° 43' 01,84"	25° 18' 17,69"
97	6065049	583957	54° 42' 53,32"	25° 18' 10,88"
98	6065007	584016	54° 42' 51,92"	25° 18' 14,12"
99	6065758	584146	54° 43' 16,14"	25° 18' 22,20"
100	6065226	584195	54° 42' 58,90"	25° 18' 24,33"
101	6065283	584133	54° 43' 00,78"	25° 18' 20,97"
102	6065685	583646	54° 43' 14,08"	25° 17' 54,19"
103	6065621	584085	54° 43' 11,74"	25° 18' 18,63"

Google Earth programa kosminėje nuotraukoje (*GeoEye* palydovinės sistemos skaitmeniniai duomenys) identifikuoti tie patys objektai kaip ir interaktyviuoju būdu *maps.lt* aplinkoje. Taškų identifikavimo ištrauka pateikta 4.17 pav. Kosminėje nuotraukoje nustatytos eksperimentinės vietovės taškų koordinatės yra geografinėje koordinačių sistemoje (WGS-84).



4.17 pav. Taškų identifikavimas *Google Earth* programoje

Tam, kad būtų galima gauti nustatytų taškų stačiakampės koordinatės, atliktas koordinačių transformavimas iš WGS-84 į LKS-94 koordinačių sistemą ir rezultatai pateikti 4.3 lentelėje. Taškų koordinačių transformavimui atlikti naudota *InfoEra* svetainėje esanti programa, kuri skirta taškų

vietinių, LKS-94 ir geografinės koordinatų sistemų transformavimui.

4.3 lentelė. Taškų koordinatės, nustatytos *Google Earth* kosminėje nuotraukoje

Taško nr.	WGS-84 koordinatų sistema		LKS-94 koordinatų sistema, m	
	B	L	X	Y
1	54° 43' 27,42"	25° 18' 03,54"	6066100,84	583806,08
2	54° 43' 28,20"	25° 17' 52,44"	6066125,23	583608,12
3	54° 43' 15,69"	25° 18' 05,68"	6065738,87	583851,08
4	54° 43' 19,92"	25° 17' 51,36"	6065863,49	583594,40
5	54° 43' 26,02"	25° 18' 27,19"	6066065,36	584230,03
6	54° 43' 14,16"	25° 18' 23,76"	6065698,30	584176,57
7	54° 43' 10,92"	25° 18' 19,44"	6065590,51	584100,88
8	54° 43' 05,88"	25° 18' 24,48"	6065444,83	584194,73
9	54° 43' 00,20"	25° 18' 20,21"	6065264,86	584119,99
10	54° 42' 52,92"	25° 17' 53,88"	6065031,28	583651,32
11	54° 43' 04,44"	25° 18' 03,60"	6065394,55	583822,39
12	54° 43' 05,16"	25° 18' 15,84"	6065416,21	584040,04
13	54° 42' 57,24"	25° 18' 10,08"	6065165,12	583940,87
15	54° 42' 50,76"	25° 18' 17,64"	6064972,18	584081,71
16	54° 43' 17,67"	25° 18' 12,95"	6065802,50	583980,04
17	54° 43' 25,02"	25° 18' 15,40"	6066030,52	584019,65
18	54° 42' 59,60"	25° 17' 54,65"	6065237,83	583662,91
19	54° 43' 09,20"	25° 17' 49,34"	6065532,84	583562,40
20	54° 43' 23,88"	25° 17' 58,56"	6065989,26	583721,72
21	54° 43' 28,63"	25° 17' 51,17"	6066133,99	583584,02
22	54° 43' 27,79"	25° 17' 55,98"	6066109,79	583670,55
23	54° 43' 26,23"	25° 18' 03,15"	6066063,83	583799,84
24	54° 43' 22,94"	25° 17' 54,74"	6065959,26	583651,19
25	54° 43' 26,26"	25° 17' 55,11"	6066062,05	583655,87
26	54° 43' 22,03"	25° 17' 57,44"	6065932,28	583700,07
27	54° 43' 21,12"	25° 18' 00,23"	6065904,95	583750,52
28	54° 43' 20,10"	25° 18' 03,24"	6065874,52	583804,95
29	54° 43' 22,59"	25° 18' 06,03"	6065952,56	583853,38
30	54° 43' 25,08"	25° 18' 08,36"	6066030,28	583893,72
31	54° 43' 20,23"	25° 18' 10,00"	6065880,75	583925,86
32	54° 43' 22,30"	25° 18' 12,11"	6065945,52	583962,42
33	54° 43' 24,39"	25° 18' 14,35"	6066010,56	584001,31
34	54° 43' 26,43"	25° 18' 16,53"	6066074,45	584039,06
35	54° 43' 20,01"	25° 18' 11,32"	6065874,40	583949,59
36	54° 43' 18,25"	25° 18' 05,52"	6065818,12	583846,80
37	54° 43' 29,20"	25° 18' 18,36"	6066160,78	584070,23

4.3 lentelės tęsinys

38	54° 43' 17,27"	25° 18' 12,84"	6065789,96	583978,40
39	54° 43' 12,38"	25° 18' 17,28"	6065640,45	584060,71
40	54° 43' 10,78"	25° 18' 25,73"	6065593,69	584212,79
41	54° 43' 15,51"	25° 18' 24,56"	6065739,51	584189,16
42	54° 43' 12,53"	25° 18' 24,06"	6065647,54	584181,92
43	54° 43' 10,58"	25° 18' 18,20"	6065585,09	584078,10
44	54° 43' 09,91"	25° 18' 13,47"	6065562,74	583993,76
45	54° 43' 05,47"	25° 18' 18,10"	6065427,03	584079,28
46	54° 43' 00,99"	25° 18' 24,23"	6065290,55	584191,46
47	54° 42' 52,94"	25° 18' 22,47"	6065041,28	584164,66
48	54° 42' 50,15"	25° 18' 21,74"	6064954,57	584153,15
49	54° 42' 57,12"	25° 18' 03,01"	6065164,02	583814,01
50	54° 42' 54,98"	25° 17' 59,81"	6065096,68	583757,89
51	54° 42' 51,88"	25° 18' 02,58"	6065001,84	583809,21
52	54° 42' 59,20"	25° 17' 51,92"	6065224,63	583614,30
53	54° 43' 05,51"	25° 17' 56,24"	6065420,97	583687,95
54	54° 43' 04,82"	25° 17' 53,62"	6065398,95	583641,58
55	54° 43' 17,76"	25° 18' 02,53"	6065801,78	583793,45
56	54° 43' 17,89"	25° 18' 00,16"	6065805,20	583751,07
57	54° 43' 09,55"	25° 17' 50,74"	6065544,05	583587,22
58	54° 43' 08,79"	25° 17' 47,65"	6065519,48	583532,48
59	54° 43' 06,64"	25° 17' 49,81"	6065453,91	583572,26
60	54° 43' 11,22"	25° 17' 52,83"	6065596,32	583623,65
61	54° 43' 12,15"	25° 17' 56,53"	6065626,33	583689,46
62	54° 43' 19,19"	25° 17' 50,89"	6065842,42	583584,58
63	54° 43' 24,59"	25° 17' 49,25"	6066008,58	583551,92
64	54° 43' 21,34"	25° 17' 50,02"	6065908,30	583567,57
65	54° 43' 18,96"	25° 18' 03,49"	6065839,24	583810,09
66	54° 43' 23,12"	25° 18' 17,26"	6065972,36	584054,12
67	54° 43' 25,46"	25° 18' 20,85"	6066046,14	584116,99
68	54° 43' 12,74"	25° 18' 07,49"	6065648,43	583885,18
69	54° 43' 07,24"	25° 18' 25,01"	6065484,07	584201,77
70	54° 42' 57,07"	25° 18' 18,06"	6065166,99	584083,28
71	54° 43' 01,70"	25° 18' 12,19"	6065308,65	583975,67
72	54° 43' 13,88"	25° 18' 21,36"	6065688,26	584132,66
73	54° 43' 05,95"	25° 18' 24,58"	6065444,32	584194,97
74	54° 43' 29,05"	25° 18' 05,74"	6066152,02	583844,59
75	54° 43' 25,10"	25° 18' 06,49"	6066030,05	583860,33
76	54° 43' 23,59"	25° 17' 52,09"	6065978,76	583603,52
77	54° 43' 15,25"	25° 18' 11,18"	6065727,22	583949,75
78	54° 43' 01,41"	25° 18' 07,16"	6065297,99	583885,84

4.3 lentelės tęsinys

79	54° 43' 03,86"	25° 18' 19,73"	6065377,73	584109,30
80	54° 43' 02,21"	25° 18' 20,76"	6065327,04	584128,70
81	54° 43' 00,48"	25° 18' 11,17"	6065270,49	583958,10
82	54° 42' 53,44"	25° 18' 02,64"	6065050,15	583809,49
83	54° 43' 05,98"	25° 18' 01,45"	6065437,44	583780,96
84	54° 43' 01,46"	25° 18' 02,37"	6065298,01	583800,07
85	54° 43' 01,65"	25° 18' 00,39"	6065303,20	583764,40
86	54° 42' 59,31"	25° 17' 55,17"	6065228,96	583672,31
87	54° 42' 58,49"	25° 18' 00,35"	6065205,57	583765,53
88	54° 43' 02,69"	25° 17' 48,96"	6065331,63	583559,38
89	54° 42' 55,74"	25° 17' 52,23"	6065117,64	583621,83
90	54° 43' 16,06"	25° 17' 59,68"	6065748,36	583743,49
91	54° 43' 17,40"	25° 17' 53,79"	6065787,88	583637,40
92	54° 43' 15,05"	25° 17' 58,28"	6065716,69	583719,02
93	54° 43' 14,96"	25° 17' 47,07"	6065710,12	583518,49
94	54° 43' 04,66"	25° 18' 07,46"	6065398,66	583889,29
95	54° 43' 08,68"	54° 43' 08,68"	6065523,84	583945,93
96	54° 43' 01,82"	25° 18' 17,73"	6065314,17	584074,75
97	54° 43' 01,89"	25° 18' 11,19"	6065050,04	583957,56
98	54° 42' 51,94"	25° 18' 14,17"	6065007,78	584016,71
99	54° 43' 16,12"	25° 18' 22,23"	6065757,65	584146,95
100	54° 42' 58,90"	25° 18' 24,33"	6065226,11	584194,54
101	54° 43' 00,77"	25° 18' 20,97"	6065282,82	584133,22
102	54° 43' 14,09"	25° 17' 54,20"	6065685,65	583646,59
103	54° 43' 11,72"	25° 18' 18,64"	6065620,61	584085,27

4.3. Matavimų skaitmeniniuose žemėlapiuose rezultatų analizė ir įvertinimas

Vietovės taškų koordinatų tikslumas analizuojamas pagal pasirinktos (eksperimentinės) teritorijos aerofotonuotraukų skaitmeninius duomenis ir tos pačios teritorijos internetinių žemėlapių svetainėse (skaitmeniniame ortofotografiniame žemėlapyje ir palydoviniame vaizde) identifikuotų taškų koordinatų nuokrypius (4.4 lentelė).

Skaitmeniniuose žemėlapiuose nustatytų taškų koordinatų tikslumo tyrimas atliktas pagal fotogrametrinių matavimų duomenis su skaitmenine fotogrametrine programine sistema *DDPS*. Atsižvelgiama į tai, kad skaitmeninių aerofotonuotraukų, kurių skenavimo intervalas yra 14 μm , absoliučiojo orientavimo, t. y. transformavimo į LKS-94 koordinatų sistemą pagal geodeziniais metodais nustatytų taškų koordinates su skaitmenine fotogrametrine sistema *DDPS* tikslesni nei su *LISA*.

4.4 lentelė. Išmatuotų taškų koordinacių nuokrypiai

Taško nr.	DDPS-LISA		DDPS-Maps.lt		DDPS-Google Earth		DDPS-LISA		DDPS-Maps.lt		DDPS-Google Earth	
	ΔX	ΔY	ΔX	ΔY	ΔX	ΔY	ΔX^2	ΔY^2	ΔX^2	ΔY^2	ΔX^2	ΔY^2
1	-0,11	0,03	-0,49	0,96	0,67	-0,12	0,01	0,00	0,24	0,92	0,45	0,01
2	0,29	0,35	0,13	0,11	0,90	0,01	0,08	0,12	0,02	0,01	0,81	0,00
3	-0,90	0,75	0,46	-0,65	0,59	-0,73	0,81	0,56	0,21	0,42	0,35	0,53
4	0,25	-0,50	-0,11	0,00	0,40	-0,40	0,06	0,25	0,01	0,00	0,16	0,16
5	0,71	-0,11	-0,01	0,24	0,63	-0,79	0,50	0,01	0,00	0,06	0,40	0,62
6	0,38	0,52	-0,30	-0,81	0,40	0,62	0,14	0,27	0,09	0,66	0,16	0,38
7	-0,21	0,99	0,71	-0,94	1,20	-0,82	0,04	0,98	0,50	0,88	1,44	0,67
8	0,33	-0,66	0,18	0,19	-0,65	-0,54	0,11	0,44	0,03	0,04	0,42	0,29
9	0,31	0,03	-0,42	-0,23	0,72	-0,22	0,10	0,00	0,18	0,05	0,52	0,05
10	0,24	0,11	-0,73	-0,01	-0,01	-0,33	0,06	0,01	0,53	0,00	0,00	0,11
11	0,34	-0,34	0,10	0,33	0,55	-0,06	0,12	0,12	0,01	0,11	0,30	0,00
12	0,35	0,06	0,94	-0,49	0,73	-0,53	0,12	0,00	0,88	0,24	0,53	0,28
13	-0,18	-0,66	-0,63	-0,32	0,25	-0,19	0,03	0,44	0,40	0,10	0,06	0,04
14	0,01	0,63	-0,15	-0,21	0,23	0,03	0,00	0,40	0,02	0,04	0,05	0,00
15	0,02	-0,97	-0,10	2,16	0,72	0,45	0,00	0,94	0,01	4,67	0,52	0,20
16	0,01	-0,60	-0,70	-0,72	0,80	-0,76	0,00	0,36	0,49	0,52	0,64	0,58
17	0,54	0,12	-0,46	0,41	1,02	0,76	0,29	0,01	0,21	0,17	1,04	0,58
18	-0,31	-0,42	-0,75	0,04	0,42	0,13	0,10	0,18	0,56	0,00	0,18	0,02
19	0,31	0,31	-0,89	-0,13	0,27	0,47	0,10	0,10	0,79	0,02	0,07	0,22
20	-0,00	-0,09	0,67	0,31	0,41	0,59	0,00	0,01	0,45	0,10	0,17	0,35
21	-0,02	-0,04	0,02	-0,03	-0,97	-0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,94	0,00
22	-0,13	0,09	0,43	-0,21	0,64	-0,76	0,02	0,01	0,18	0,04	0,41	0,58
23	0,15	-0,16	-0,15	0,16	1,02	0,32	0,02	0,03	0,02	0,03	1,04	0,10
24	-0,23	-0,12	0,23	-0,22	-0,03	0,59	0,05	0,01	0,05	0,05	0,00	0,35
25	0,07	-0,06	-0,07	0,06	-0,12	-0,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,66
26	0,11	-0,01	-0,11	0,10	0,61	0,03	0,01	0,00	0,01	0,01	0,37	0,00
27	0,34	0,13	-0,34	0,33	-0,29	-0,19	0,12	0,02	0,12	0,11	0,08	0,04
28	-0,20	0,22	0,26	-0,27	0,74	-0,22	0,04	0,05	0,07	0,07	0,55	0,05
29	-0,31	0,39	0,38	-0,39	-0,18	-0,77	0,10	0,15	0,14	0,15	0,03	0,59
30	-0,12	0,18	0,17	-0,18	-0,11	0,10	0,01	0,03	0,03	0,03	0,01	0,01
31	0,22	-0,07	-0,33	0,32	0,92	-0,54	0,05	0,00	0,11	0,10	0,85	0,29
32	0,15	0,04	-0,15	0,14	0,33	0,72	0,02	0,00	0,02	0,02	0,11	0,52
33	0,01	0,00	-0,01	0,02	-0,57	-0,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,32	0,08
34	-0,05	-0,16	0,05	-0,07	-0,40	-0,13	0,00	0,03	0,00	0,00	0,16	0,02
35	-0,12	-0,15	0,12	-0,13	-0,28	0,28	0,01	0,02	0,01	0,02	0,08	0,08
36	-0,21	0,20	0,21	-0,22	0,09	0,98	0,04	0,04	0,04	0,05	0,01	0,96
37	0,06	-0,05	-0,06	0,05	0,16	0,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,67
38	-0,03	-0,13	0,03	-0,04	0,07	-0,44	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,19

4.4 lentelės tęsinys

39	0,01	-0,21	-0,21	0,20	-0,66	-0,51	0,00	0,04	0,04	0,04	0,44	0,26
40	-0,17	0,33	0,32	-0,33	-0,37	-0,12	0,03	0,11	0,10	0,11	0,14	0,01
41	0,14	0,09	-0,84	0,83	-0,35	-0,33	0,02	0,01	0,71	0,69	0,12	0,11
42	0,05	-0,04	-0,05	0,04	0,41	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,01
43	0,09	-0,07	-0,09	0,07	0,82	0,97	0,01	0,00	0,01	0,00	0,67	0,94
44	-0,27	-0,41	0,37	-0,38	0,63	-0,14	0,07	0,17	0,14	0,14	0,40	0,02
45	0,02	-0,11	-0,02	0,01	-0,05	-0,27	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,07
46	-0,11	0,36	0,99	-0,96	-0,56	0,58	0,01	0,13	0,98	0,92	0,31	0,34
47	-0,59	-0,11	0,55	-0,51	-0,73	0,83	0,35	0,01	0,30	0,26	0,53	0,69
48	-0,14	0,15	0,14	-0,15	-0,43	-0,30	0,02	0,02	0,02	0,02	0,18	0,09
49	0,17	-0,36	-0,87	0,86	0,11	-0,15	0,03	0,13	0,76	0,74	0,01	0,02
50	0,19	-0,41	-0,61	0,60	-0,29	-0,29	0,04	0,17	0,37	0,36	0,08	0,08
51	-0,16	-0,07	0,16	-0,17	-0,68	-0,38	0,03	0,00	0,03	0,03	0,46	0,14
52	-0,22	-0,46	0,85	-0,86	0,22	0,84	0,05	0,21	0,72	0,74	0,05	0,71
53	0,07	0,08	-0,87	0,86	0,16	0,91	0,00	0,01	0,76	0,74	0,03	0,83
54	-0,52	0,39	0,52	-0,53	0,57	-0,11	0,27	0,15	0,27	0,28	0,32	0,01
55	-0,40	-0,34	0,70	-0,80	0,92	-0,25	0,16	0,12	0,49	0,64	0,85	0,06
56	0,15	-0,46	-0,65	0,64	-0,85	0,57	0,02	0,21	0,42	0,41	0,72	0,32
57	0,05	0,09	-0,05	0,06	0,90	-0,16	0,00	0,01	0,00	0,00	0,81	0,03
58	-0,10	-0,02	0,10	-0,21	-0,38	0,31	0,01	0,00	0,01	0,04	0,14	0,10
59	-0,62	0,23	0,62	-0,63	0,71	-0,89	0,38	0,05	0,38	0,40	0,50	0,79
60	0,24	-0,22	-0,23	0,22	-0,55	-0,43	0,06	0,05	0,05	0,05	0,30	0,18
61	0,09	0,39	-0,09	0,08	-0,42	0,62	0,01	0,15	0,01	0,01	0,18	0,38
62	-0,15	-0,26	0,15	-0,16	-0,27	0,26	0,02	0,07	0,02	0,03	0,07	0,07
63	-0,41	-0,15	0,41	-0,42	-0,17	-0,34	0,17	0,02	0,17	0,18	0,03	0,12
64	-0,13	-0,33	0,93	-0,94	0,63	-0,51	0,02	0,11	0,86	0,88	0,40	0,26
65	0,49	-0,37	-0,98	0,97	0,78	0,88	0,24	0,14	0,96	0,94	0,61	0,77
66	-0,18	-0,18	0,18	-0,19	-0,18	0,69	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03	0,48
67	0,17	0,14	-0,17	0,16	-0,31	0,17	0,03	0,02	0,03	0,03	0,10	0,03
68	-0,21	0,32	0,21	-0,22	-0,22	-0,40	0,04	0,10	0,04	0,05	0,05	0,16
69	0,22	-0,11	-0,22	0,21	-0,29	-0,56	0,05	0,01	0,05	0,04	0,08	0,31
70	-0,34	-0,19	0,34	-0,35	0,35	-0,63	0,12	0,04	0,12	0,12	0,12	0,40
71	0,43	0,21	-0,43	0,42	-0,08	-0,25	0,18	0,04	0,18	0,18	0,01	0,06
72	-0,05	0,47	0,46	-0,47	-0,80	0,87	0,00	0,22	0,21	0,22	0,64	0,76
73	0,24	0,36	-0,64	0,63	-0,96	0,66	0,06	0,13	0,41	0,40	0,92	0,44
74	0,32	-0,64	-0,82	0,81	-0,84	0,22	0,10	0,41	0,67	0,66	0,71	0,05
75	-0,27	-0,16	0,27	-0,28	-0,78	0,39	0,07	0,03	0,07	0,08	0,61	0,15
76	0,11	0,69	-0,71	0,70	0,53	0,18	0,01	0,48	0,50	0,49	0,28	0,03
77	0,23	-0,38	-0,39	0,38	0,39	-0,37	0,05	0,14	0,15	0,14	0,15	0,14
78	0,04	0,01	-0,40	0,39	0,61	0,55	0,00	0,00	0,16	0,15	0,37	0,30
79	0,03	-0,01	-0,03	0,02	0,24	-0,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,08

4.4 lentelės tęsinys

80	-0,03	-0,11	0,03	-0,04	0,99	-0,74	0,00	0,01	0,00	0,00	0,98	0,55
81	-0,51	0,36	0,51	-0,52	-0,98	-0,62	0,26	0,13	0,26	0,27	0,96	0,38
82	0,22	0,16	-0,22	0,21	-0,37	-0,28	0,05	0,03	0,05	0,04	0,14	0,08
83	-0,22	0,23	0,22	-0,23	-0,22	-0,19	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04
84	-0,56	-0,18	0,56	-0,57	0,55	-0,64	0,31	0,03	0,31	0,32	0,30	0,41
85	0,37	-0,16	-0,37	0,36	0,43	0,96	0,14	0,03	0,14	0,13	0,18	0,92
86	-0,15	-0,29	0,15	-0,16	0,19	0,53	0,02	0,08	0,02	0,03	0,04	0,28
87	0,16	-0,17	-0,16	0,17	0,27	-0,36	0,03	0,03	0,03	0,03	0,07	0,13
88	-0,33	-0,76	0,88	-0,89	-0,75	-0,27	0,11	0,58	0,77	0,79	0,56	0,07
89	-0,31	0,02	0,31	-0,32	-0,33	-0,15	0,10	0,00	0,10	0,10	0,11	0,02
90	0,23	0,21	-0,23	0,22	0,41	0,73	0,05	0,04	0,05	0,05	0,17	0,53
91	0,00	-0,59	-0,60	0,59	0,52	0,19	0,00	0,35	0,36	0,35	0,27	0,04
92	-0,16	-0,63	0,73	-0,74	-0,96	0,24	0,03	0,40	0,53	0,55	0,92	0,06
93	0,18	-0,35	-0,36	0,35	-0,48	0,86	0,03	0,12	0,13	0,12	0,23	0,74
94	0,65	-0,44	-0,65	0,64	-0,31	-0,65	0,42	0,19	0,42	0,41	0,10	0,42
95	0,17	-0,52	-0,73	0,72	-0,57	-0,21	0,03	0,27	0,53	0,52	0,32	0,04
96	0,19	-0,36	-0,37	0,36	0,46	-0,39	0,04	0,13	0,14	0,13	0,21	0,15
97	-0,09	0,11	0,09	-0,11	-0,95	-0,67	0,01	0,01	0,01	0,01	0,90	0,45
98	-0,05	0,06	0,05	-0,06	-0,73	-0,77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,53	0,59
99	0,11	-0,18	-0,11	0,10	0,24	-0,85	0,01	0,03	0,01	0,01	0,06	0,72
100	-0,22	0,23	0,22	-0,23	0,11	0,23	0,05	0,05	0,05	0,05	0,01	0,05
101	-0,41	0,49	0,41	-0,49	0,59	-0,71	0,17	0,24	0,17	0,24	0,35	0,50
102	-0,19	-0,02	0,29	-0,29	-0,36	-0,88	0,04	0,00	0,08	0,08	0,13	0,77
103	-0,04	0,08	0,03	-0,08	0,42	-0,35	0,00	0,01	0,00	0,01	0,18	0,12
$\Sigma \Delta X^2$ ir $\Sigma \Delta Y^2$							7,90	12,20	21,93	25,26	33,72	29,19

Taškų koordinatinių vidutinės kvadratinės paklaidos apskaičiuojamos pagal formules:

$$m_x = \sqrt{\frac{\Sigma \Delta X^2}{n-1}}, \quad m_y = \sqrt{\frac{\Sigma \Delta Y^2}{n-1}}, \quad (4.9)$$

čia ΔX ir ΔY – koordinatinių nuokrypiai; n – išmatuotų taškų skaičius.

Išmatuotų taškų tikslumui įvertinti apskaičiuojama taškų koordinatinių absoliučioji vidutinė kvadratinė paklaida:

$$m_{xy} = \sqrt{m_x^2 + m_y^2}. \quad (4.10)$$

4.5 lentelėje pateikiamos apskaičiuotos išmatuotų taškų padėties ortofotografiniame žemėlapyje bei kosminėje nuotraukoje vidutinės kvadratinės m_x ir m_y bei absoliučiosios m_{xy} koordinatinių paklaidos. Išmatuotų taškų koordinatinių vidutinė kvadratinė paklaida neviršija 1 m.

4.5 lentelė. Taškų koordinatų tikslumo duomenys

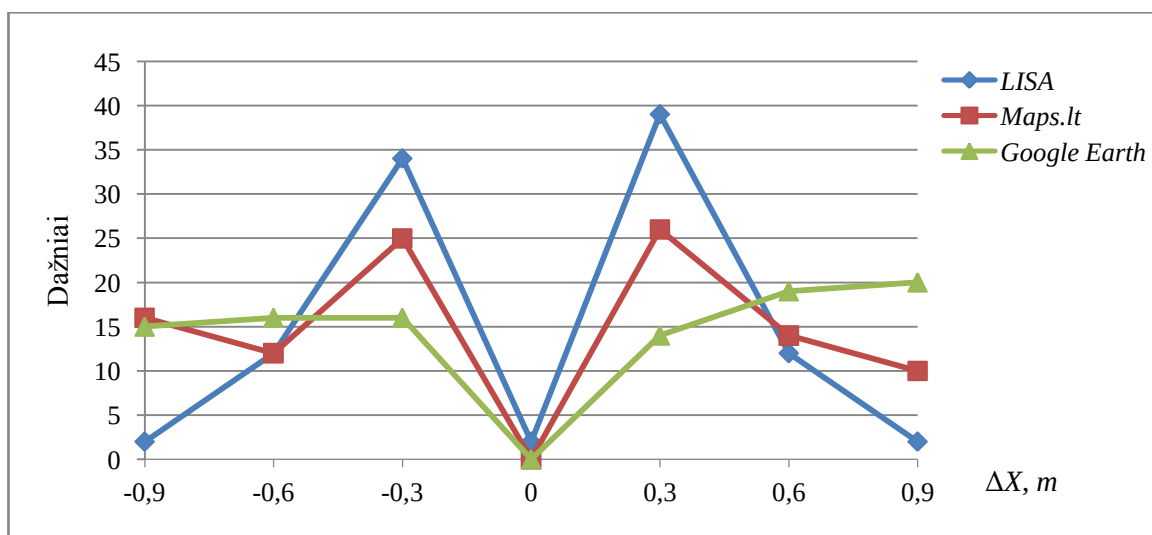
Programinės sistemos	Vidutinės kvadratinės objektų padėties paklaidos, m		
	m_x	m_y	m_{xy}
<i>LISA</i>	0,28	0,34	0,44
<i>Maps.lt</i>	0,46	0,57	0,67
<i>Google Earth</i>	0,49	0,53	0,78

Toliau darbe nustatomas planimetrinių koordinatų nuokrypių ΔX ir ΔY pasiskirstymas, rezultatai pateikti 4.6 lentelėje.

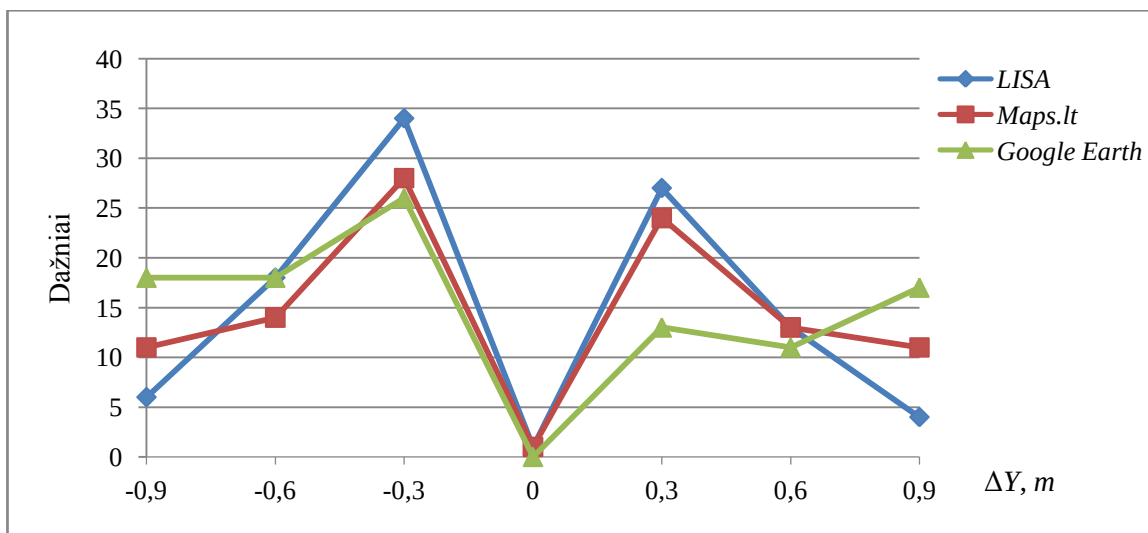
4.6 lentelė. Planimetrinių koordinatų nuokrypių pasiskirstymas

Programinės sistemos	Nuokrypių ΔX skaičius intervalais, m							Nuokrypių ΔY skaičius intervalais, m						
	0	0,01 – 0,30		0,31 – 0,60		0,61 – 0,90		0	0,01 – 0,30		0,31 – 0,60		0,61 – 0,90	
		+	–	+	–	+	–		+	–	+	–	+	–
<i>LISA</i>	2	39	34	12	12	2	2	1	27	34	13	18	4	6
<i>Maps.lt</i>	–	26	25	14	12	10	16	1	24	28	13	14	11	11
<i>Google Earth</i>	–	14	16	19	16	20	15	–	13	26	11	18	17	18

Apibendrintieji visų išmatuotų taškų padėties ortofotografiniame žemėlapyje bei kosminėje nuotraukoje nuokrypių ΔX ir ΔY pasiskirstymas grafiškai atvaizduotas 4.18 pav. ir 4.19 pav.



4.18 pav. Planimetrinių koordinatų nuokrypių ΔX pasiskirstymas



4.19 pav. Planimetrinių koordinačių nuokrypių ΔY pasiskirstymas

Iš 4.6 lentelės duomenų ir grafikų (4.18 pav. ir 4.19 pav.) matyti, kad gautas didžiausias taškų nuokrypių ΔX ir ΔY kiekio pasiskirstymas intervale nuo $\pm 0,01$ iki $\pm 0,31$ m ortofotografiniame žemėlapyje su skaitmenine fotogrametrine sistema *LISA* ir internetinėje erdvėje *Maps.lt*, t. y. matavimai atlikti tiksliau negu *Google Earth* kosminėje nuotraukoje.

Pagal gautų matavimų rezultatus su skaitmenine fotogrametrine sistema *LISA* ir interaktyviuoju būdu internetinėje erdvėje *Maps.lt* bei *Google Earth* apskaičiuoti taškų koordinačių tikslumo įverčiai – standartinių nuokrypių įverčiai σ_{xy} , kurie apskaičiuoti pagal formules:

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum(\Delta X - \Delta \bar{X})^2}{n}}, \quad \sigma_y = \sqrt{\frac{\sum(\Delta Y - \Delta \bar{Y})^2}{n}}, \quad (4.11)$$

čia ΔX ir ΔY – koordinačių nuokrypiai; $\Delta \bar{X}$ ir $\Delta \bar{Y}$ – nuokrypių vidutinė reikšmė; n – išmatuotų taškų skaičius.

Taškų tikslumo tyrimo duomenys apdoroti, taikant programas *EXCEL* ir *Free Calculators and Converters* pateikti 4.7 lentelėje.

4.7 lentelė. Išmatuotų taškų koordinačių tikslumo tyrimo rezultatai

Programinės sistemos	Taškų planimetrinių koordinačių nuokrypių vertinimas, m							
	ΔX min	ΔX max	ΔX vidurkių moduliai	σ_x įverčiai	ΔY min	ΔY max	ΔY vidurkių moduliai	σ_y įverčiai
<i>LISA</i>	-0,90	0,71	0,00	0,28	-0,97	0,99	0,05	0,34
<i>Maps.lt</i>	-0,98	0,99	0,05	0,46	-0,96	0,97	0,03	0,45
<i>Google Earth</i>	-0,98	0,99	0,08	0,55	-0,89	0,98	0,05	0,53

Palyginus išmatuotų taškų rezultatus, gautus remiantis skirtingais pradiniais duomenimis, t. y. skaitmenine fotogrametrine sistema *LISA* ir *DDPS* bei interaktyviuoju būdu skaitmeniniuose žemėlapiuose internetinėje erdvėje (*www.maps.lt* ir *Google Earth*), nustatyta, kad fotogrametriniais matavimais gauti duomenys yra šiek tiek tikslesni.

Išanalizavus 4.7 lentelėje pateiktus tikslumo tyrimo rezultatus, kai planimetrinės objektų koordinatės nustatytos fotogrametrinių metodu bei interaktyviuoju būdu internetinėse svetainėse, galima teigti, kad fotogrametrine sistema *LISA* taškų koordinatės nustatytos tiksliau ($\sigma_x = 0,28$ m ir $\sigma_y = 0,34$ m) nei *Maps.lt* internetinėje erdvėje ir *Google Earth* programose.

IŠVADOS

Baigiamajame darbe išanalizuoti geografinių duomenų gavimo būdai, taikant skaitmeninės fotogrametrijos metodus bei naudojantis skaitmeniniais žemėlapiais internetinėje erdvėje.

Išanalizavus dviejų skaitmeninių fotogrametrinių sistemų *LISA* bei *DDPS* funkcijas, atliktas eksperimentinis Vilniaus miesto aerofotonuotraukų (stereoporos) apdorojimas. *DDPS* programine fotogrametrine sistema nėra galimybės atlikti stereoskopinių matavimų ir vietovės paviršiaus modelis kuriamas automatinio būdu, atlikus aerofotonuotraukų absoliutųjį orientavimą. *LISA* skaitmenine fotogrametrine sistema absoliutusias aerofotonuotraukų orientavimas atliekamas kiekvienai aerofotonuotraukai, t. y., neatliekamas stereomodelio kūrimo etapas – reliatyvusis orientavimas.

Eksperimentinės vietovės aerofotonuotraukų vidinio ir išorinio orientavimo skaitmeninėmis fotogrametrinėmis sistemomis *LISA* bei *DDPS* tikslumo rezultatai atitinka keliamus reikalavimus, t. y. vidinis orientavimo turi būti atliktas 0,01 mm tikslumu, o absoliutusias – 10 cm. Gautoji didžiausia vidinio orientavimo paklaida – 0,008 mm, o absoliučiojo – 0,09 m.

Atlikus aerofotonuotraukų geometrinį transformavimą, generuota ortofotografinė nuotrauka, kuri atitinka 1:10 000 mastelio žemėlapiams keliamus reikalavimus ir gali būti naudojama geoinformacinėse sistemose geoduomenų modeliams kurti.

Skaitmeniniai žemėlapiai, randami internetinėje erdvėje – svarbus šiuolaikinių technologijų bei programinės įrangos taikymo kartografavimo reikmėms rezultatas. Atlikus išsamią paiešką internetinėje aplinkoje ir išanalizavus čia pateiktus žemėlapius bei funkcijas, eksperimentiniams matavimams pasirinkta labai populiari *Maps.lt* svetainė ir kosminė nuotrauka *Google Earth* programoje.

Išanalizuotas geoduomenų, gautų internetinėje erdvėje ir fotogrametrinėmis sistemomis, tikslumas. Šiam tikslui atliktas objektų (taškų) padėties nustatymas sukurtuose skaitmeniniuose eksperimentinės vietovės modeliuose, taikant skaitmeninės fotogrametrijos metodus ir interaktyviuoju būdu *Maps.lt* bei *Google Earth* internetinėse svetainėse. Nustatyta, kad fotogrametriniu būdu bei interaktyviai išmatavus objektų padėtis, gautieji taškų planimetrinių koordinatų nuokrypiai, pagal *DDPS* sistema išmatuotas koordinatas, neviršija 1 m. Gautos absoliučiosios vidutinės kvadratinės paklaidos $m_{xy} = 0,44$ m, kai matavimai atlikti *LISA* skaitmenine fotogrametrine sistema; $m_{xy} = 0,67$ m, kai interaktyviai matuota *Maps.lt* svetainėje pateiktame ortofotografiniame žemėlapyje ir $m_{xy} = 0,78$ m – *Google Earth* kosminėje nuotraukoje, o atitinkamai standartinių nuokrypių įverčiai $\sigma_{xy} = 0,30; 0,46; 0,54$ m.

Atliekant matavimus fotografiniuose vaizduose, iškyla taškų identifikavimo problemos, aiškiai nematomi objektų kontūrai, t. y., uždengta šešėliais, nematomos kontūrų ribos ir kt.

LITERATŪRA

1. *ACME Mapper žemėlapis* [interaktyvus] 2011. [žiūrėta 2011-12-27]. Prieiga per internetą: <http://mapper.acme.com/>.
2. Адров В., Карионов Ю. и др. 2005. О точности создания ортофотопланов по снимкам QUICKBIRD. *Геопрофи*. No. 6, p. 21-24.
3. Аристов М. 2011. Космический снимок или аэросъемка для картографирования в крупных масштабах: что выбрать? *Геопрофиль*. No. 1 (16), p. 11-20.
4. Аристов М. 2011. Космические снимки сверхвысокого и высокого разрешения для мониторинга, картографирования, контроля. *Геопрофиль*. No. 1 (16), p. 21-27.
5. *Bing Maps žemėlapis* [interaktyvus] 2012. [žiūrėta 2012-01-19]. Prieiga per internetą: <http://www.bing.com/maps/>.
6. Castillo-Carrion S. et al. 2011. *Algorithm to transform orthophoto maps into quadtree tiling system and evaluating geometric accuracy of the orthophotos*. University of Malaga. 23 p.
7. *Didactic and Digital Photogrammetric Software (DDPS)*. 2002. Users Guide. Surfaces laboratory, Department of Geomatics, University of Liege, Belgium and Institute of Geodesy and Cartography, Department of Photogrammetry, Poland. 63 p.
8. *Google Earth programa* [interaktyvus] 2011. [žiūrėta 2011-12-27]. Prieiga per internetą: <http://google.com/earth/index.html>.
9. *Google Maps žemėlapis* [interaktyvus] 2010. [žiūrėta 2011-12-27]. Prieiga per internetą: <http://maps.google.com/>.
10. *Free Calculators and Converters* [interaktyvus] 2012. [žiūrėta 2012-03-20]. Prieiga per internetą: <http://easycalculation.com/statistics/standard-deviation.php>.
11. *InfoEra* [interaktyvus] 2011. [žiūrėta 2011-12-27]. Prieiga per internetą: <http://gis.infoera.lt/webapps/koordinaciu-transformavimas.aspx>.
12. Kager H. 2005. Quality check and georeferencing of aerial laser scanners strips, in University Cours „*Laser Scanning – Data Acquisition and Modeling*“, Day 1. Institute of Photogrammetry and Remote Sensing. TU Vienna, October. p. 29-55.
13. Кадничанский С. 2009. Сравнительный анализ материалов цифровой АФС и космической съемке для создания и обновления карт. *Геопрофи*. No. 4, p. 4-8.
14. Kraus K. 2000. *Photogrammetry. Fundamentals and standard processes*. Vol 1. Köln: Dümmler. 369 p.
15. Linder W. 2003. *Digital photogrammetry: a practical course*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag. 214 p.
16. Luhmann T., et al. 2006. *Close Range Photogrammetry: principles, techniques and*

applications. Dunbeath: Whittles. 495 p.

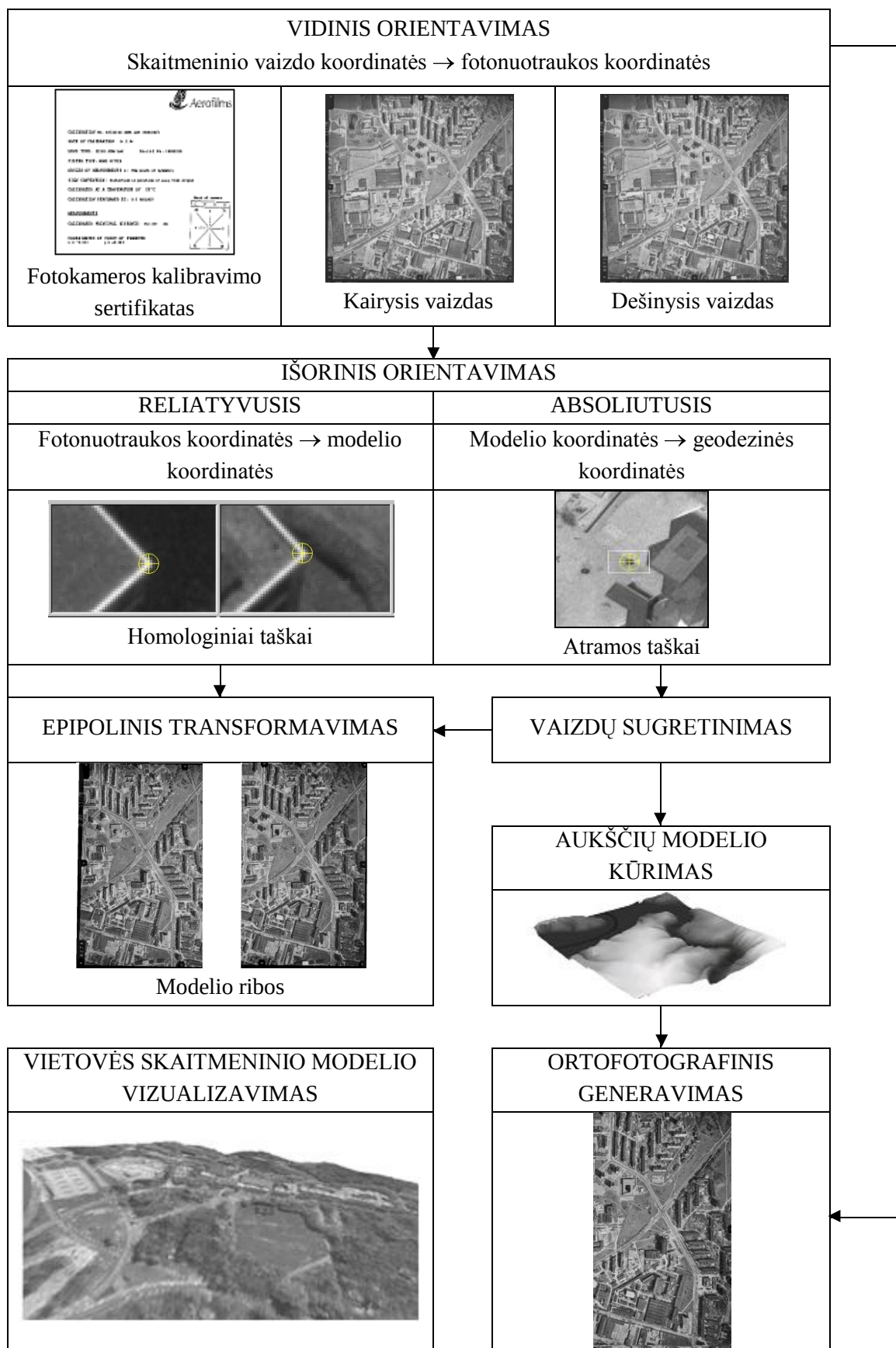
17. *Maps.lt* – Lietuvos žemėlapiai internete [interaktyvus] 2012. [žiūrėta 2012-01-19]. Prieiga per internetą: <<http://www.maps.lt/>>.
18. Программные решения в области геоинформатики, цифровой фотограмметрии и дистанционного зондирования [interaktyvus] 2012. [žiūrėta 2012-01-20]. Prieiga per internetą: <<http://www.racurs.ru/index.php>>.
19. Ruzgienė B. 2007. Comparison between Digital photogrammetric systems. *Geodesy and cartography*. T. XXXIII, no. 3, p. 75-79.
20. Ruzgienė B. 2008. *Fotogrametrija: vadovėlis*. Vilnius: Technika. 203 p.
21. Ruzgienė B. 2008. Some aspects in photogrammetry education at the department of geodesy and cadastre of the VGTU. *Geodesy and cartography*. T. 34, no. 1, p. 29-33.
22. Ruzgienė B. 2010. Skaitmeninio reljefo modelio kūrimo metodai ir tikslumo tyrimas, taikant skaitmeninės fotogrametrijos technologiją. *Geodezija ir kartografija*. T. 36, nr. 2, p. 57-62.
23. *Solutions for precise information from imagery* [CD-ROM]. 2001. Product information. LH Systems.
24. Skeivalas J. 2010. *Elektroniniai geodeziniai prietaisai: mokomoji knyga*. 2-asis leid., patais. ir papild. Vilnius: Technika. 244 p.
25. Stankevičius Ž., Kalantaitė A. 2009. LIDAR Žemės paviršiaus taškų masyvo supaprastinimo algoritmų parametrų parinkimas. *Geodezija ir kartografija*. T. 35, nr. 2, p. 44-49.
26. Sužiedelytė-Visockienė J. 2004. Urbanizuotų teritorijų kartografavimo ypač stambiu masteliu ortofotogrametrinės technologijos ypatumai. *Geodezija ir kartografija*. T. XXX, nr. 2, p. 51-57.
27. Tumas R. 2006. *Aplinkos geoinformacijos sistemos*. Vilnius: Enciklopedija. 264 p.
28. Žalnierukas A., ir kt. 2006. Žemės paviršiaus skenavimo lazeriu iš orlaivio technologijos analizė. *Geodezija ir kartografija*. T. XXXII, nr. 4, p. 101-105.
29. Žalnierukas A., ir kt. 2009. Miestų skenavimo LIDAR metodu tikslumo analizė. *Geodezija ir kartografija*. T. 35, nr. 2, p. 55-60.
30. Zakarevičius A. 2000. *Koordinatų sistema LKS 94: mokomoji knyga*. Vilnius: Technika. 62 p.

PRIEDAI

A priedas. Žemėlapių internetinėje aplinkoje palyginimas

Žemėlapių svetainės Galimybės	<i>Maps.lt</i>	<i>Google Maps</i>	<i>ACME Mapper</i>	<i>Bing Maps</i>	<i>Google Earth</i>
Didinimo/mažinimo funkcija	Taip/Taip	Taip/Taip	Taip/Taip	Taip/Taip	Taip/Taip
Koordinatų paieška <i>B,L/X,Y</i>	Taip/Taip	Taip/Ne	Taip /Ne	Taip/Ne	Taip/Ne
Žemėlapis	Taip	Taip	Taip	Taip	Ne
Ortofotografinis žemėlapis	Taip	Taip	Ne	Taip	Ne
Mišrus žemėlapis	Taip	Taip	Taip	Taip	Ne
Reljefo žemėlapis	Taip	Taip	Taip	Taip	Ne
Palydovinė nuotrauka	Ne	Taip	Taip	Taip	Taip
2.5D žemėlapis	Taip	Ne	Ne	Ne	Ne
3D vaizdas	Ne	Taip	Ne	Taip	Taip
Orų žemėlapis	Ne	Taip	Ne	Ne	Ne
Atstumų/plotų matavimas	Taip/Taip	Taip/Ne	Ne/Ne	Taip/Ne	Taip/Taip
Objektų paieška (įmonių, vietų, adresų, kelių ir pan.)	Taip	Taip	Taip	Taip	Taip
Panoraminės nuotraukos	Taip	Taip	Taip	Taip	Taip
Skrydžio imitatorius	Ne	Ne	Ne	Ne	Taip
Naršymas danguje	Ne	Ne	Ne	Ne	Taip
Nuorodų gavimas	Taip	Taip	Taip	Taip	Taip
Žemėlapių spausdinimas	Taip	Taip	Taip	Taip	Taip

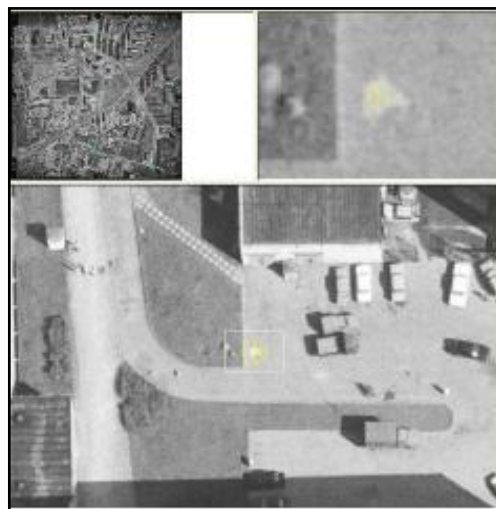
B priedas. Pagrindinės skaitmeninės fotogrametrinės sistemos funkcijos



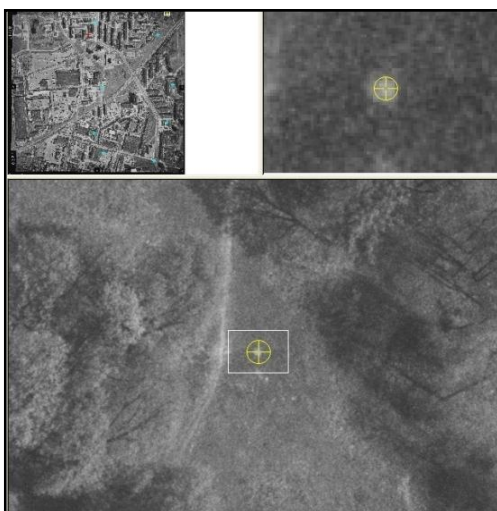
3350



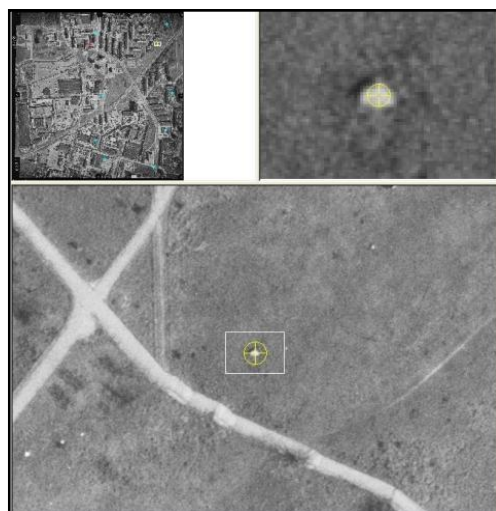
3351



3354



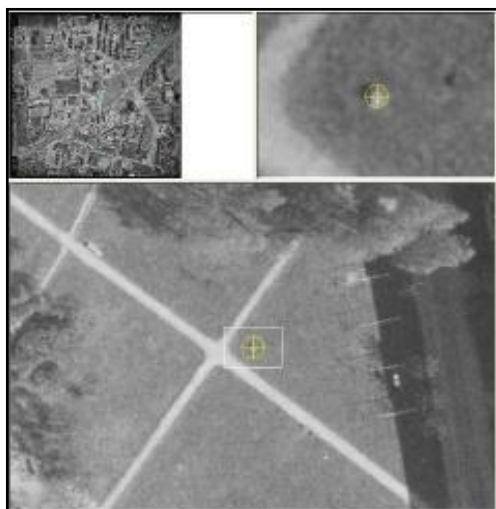
3355



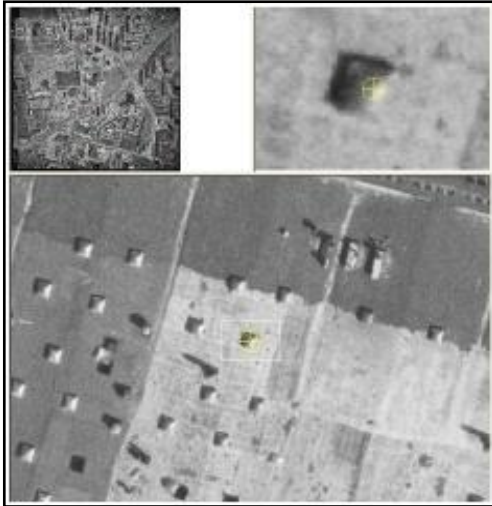
3446



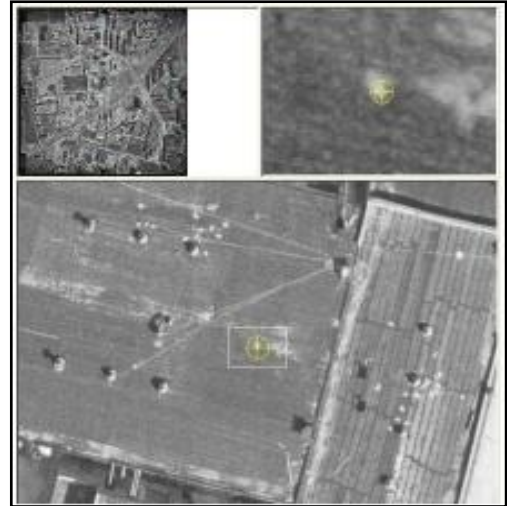
3447



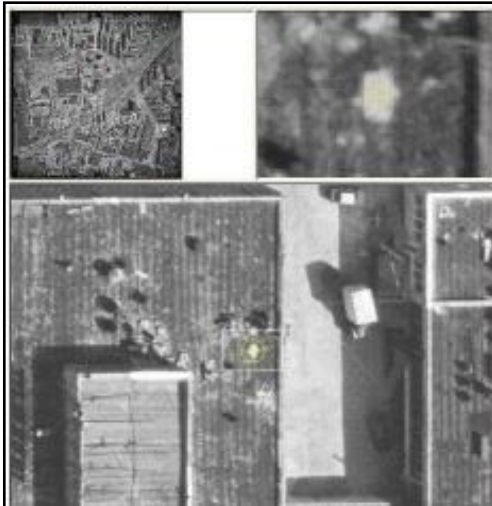
4749



4751



4752



4754



D priedas. Atramos taškų koordinacių katalogas

Taško nr.	LKS-94 koordinacių sistemoje			Taškų tipas <i>DDPS</i> programoje
	$Y (m)^*$	$X (m)^*$	$H (m)$	
3350	583600,524	6066094,964	129,586	ctrl
3351	583553,178	6066000,072	129,771	check
3354	584197,085	6066171,863	105,834	ctrl
3355	584116,406	6065995,226	116,057	ctrl
3446	583649,534	6065575,106	125,466	ctrl
3447	584233,628	6065579,462	119,682	ctrl
4749	583651,908	6065031,377	133,183	check
4751	583580,975	6065192,873	130,951	ctrl
4752	584173,334	6065271,327	130,225	ctrl
4754	584075,199	6064945,295	122,313	ctrl

Pastaba:

- 1) *Fotogrametrijoje fotografinių vaizdų koordinacių ašių kryptys nesutampa su stačiakampių koordinacių sistemos ašių kryptimis, todėl pirmiausia įvedamos Y ($X - DDPS$ programoje) koordinacių reikšmės, po to X ($Y - DDPS$ programoje);
- 2) ctrl – atramos taškai, kuriais remiantis atliekamas fotografinio vaizdo transformavimas;
- 3) check – taškai, kuriais remiantis kontroliuojami transformavimo rezultatai.

**RESPUBLIKINĖS MOKSLO KONFERENCIJOS
“CIVILINĖ INŽINERIJA IR GEODEZIJA”
2010 spalio 22 d.**

DIENOTVARKĖ

Mokslo komiteto pirmininkas

doc. dr. V. Č. Aksamitauskas

Mokslo komiteto sekretorius prof. dr. M.

Burinskienė

Organizacinio komiteto pirmininkas – doc., dr. G.

Paliulis

Sekretorius – doc., dr. A. Gasilionis

GEODEZIJOS SEKCIJA

1 posėdis 10.00 – 11.30 2709 a.

1. Č. Aksamitauskas. Stasiui Vytautui Kazakevičiui 80 m.
2. J. Vaitkevičienė, A. Kumetaitienė. Žemės sklypų kadastrinių matavimų tikrinimo ir derinimo kokybės įvertinimas.
3. L. Papšienė, G. Beconytė. Lietuvos erdvinės informacijos infrastruktūros vystymo prielaidos.
4. D. Levinskaitė, A. Stanionis, A. Zakarevičius. Žemės plutos įtempių pokyčių kaita Lietuvos teritorijoje.
5. I. Jonauskienė. Žemės sklypų kokybės tyrimas.
6. R. Birvydienė. Sunkio anomalijos ir jų nustatymo Lietuvos teritorijoje galimybės.
7. J. Sužiedelytė-Visockienė, R. Bagdžiūnaitė. VGTU personalo Erasmus programos įgyvendinimas ir mobilumo rezultatai.

8. J. Pavliukovič, B. Ruzgienė. Skaitmeninės programinės sistemos geoduomenims gauti.

9. J. Sužiedelytė-Visockienė, A. Pranskevičiūtė. Pastatų matavimai skaitmeninės fotogrametrijos metodu.
10. D. Sabaitis. Apskritiminių skalių tipai ir jų matavimo būdai.
11. D. Popovas. Sunkio lauko kitimo poveikis geodeziniam matavimams.

2 posėdis. 11.45 – 13.15

12. J. Tropikaitė. Nekilnojamųjų turto daiktų kadastrinių matavimų kokybės kontrolė.
13. B. Gaidamovič. Refrakcijos įtakos tyrimas pagal Lietuvos geodezinio vertikaliojo tinklo niveliavimo duomenis.
14. G. Kostygova. Žemės sklypo plano sudarymas CAD programine įranga.
15. A. Zubanov. Šilo tilto deformacijų analizė.
16. G. Dmitrijev. Automatizuoto komparatoriaus valdymo principai ir algoritmai.
17. G. Sriubė. Melioracijos projektų susiejimas su LKS-94 koordinačių sistema.
18. R. Uleckaitė. Išmatuotų Žemės plutos deformacijų rodiklių tikslumo tyrimas modeliavimo būdu.
19. E. Penšina. Laiko sistemų taikomų geodezinėje astronomijoje analizė.
20. A. Šilkaitė. Žemės poliaus judėjimo poveikis astronominėms koordinatėms.
21. R. Gaidytė. 2D ir 3D statinių modeliavimo ypatumai.
22. A. Savickis. Virtualiųjų GPS referencinių stočių tinklo taikant koordinačių korektūrą sudarymas.
23. S. Norkutė, R. Putrimas. Vertikaliojo tinklo linijos Jonava-Zarasai niveliavimo rezultatų analizė.
24. E. Dagilytė, V. Budrytė. Žemės dangos skaitmeninių vaizdų koreliacinė analizė.

3 posėdis. 13.45 – 15.15

25. E. Videiko. Senųjų žemėlapių susiejimas ir transformavimas į bendrąją sistemą.
26. M. Mankauskas. Sunkio vertikaliojo gradiento tyrimas.
27. E. Zalanskaitė. Jonosferos įtakos GPS matavimams analizė.
28. E. Žilius. Vertikaliųjų Žemės plutos judesių įtaka horizontaliesiems judesiams.
29. V. Stukaitė. Melioracijos rekonstrukcijos projekto geodezinių darbų analizė.
30. V. Nareiko. ArcGIS programinės įrangos uždavinių automatizavimo analizė.
31. O. Čepaitė. Gravimetrinių matavimų duomenų apdorojimo analizė.
32. A. Gelžinytė. Vertikaliųjų Žemės plutos judesių linijoje Jonava-Kybartai prognozavimo modeliai.
33. A. Lingytė. Namų ūkio ūkininko sodybos plėtros projekto geodezinių darbų aspektai.
34. T. Gintvainytė. Telšių rajono žemės sklypų registravimo nekilnojamojo turto registre analizė.
35. Šapola. Vilniaus miesto nekilnojamojo turto objektų verčių analizė taikant „ArcGIS“.
36. P. Timinskas. Vilniaus urėdijos geoinformacinės sistemos projektavimas.
37. V. Bondzinskas. Skaitmeninės topografinės nuotraukos sudarymas atliekant statybos projektavimo darbus.
38. A. Žutautas. Palydovinių sistemų apžvalga.
39. D. Volungevičiūtė. Pataisos, redukuojant atstumus į LKS-94 kartografinę projekciją.
40. E. Butkutė. Skirtingose koordinačių sistemose sudarytų žemėlapių palyginimas.

Diskusijos

F priedas. Tarptautinio seminaro „Competences for Modern Cartography“dienotvarkė

6th Vilnius Seminar on Cartosemiotics
April 8–9, 2011

**International Cartographic Association, Commission
on Theoretical Cartography
Vilnius University, Centre for Cartography
Lithuanian Cartographic Society**

Sponsored by Lithuanian Council of Science

“COMPETENCES IN MODERN CARTOGRAPHY”

AGENDA

Friday, April 8

10:00 – 10:30 Opening and keynote

Algimantas Česnulevičius, President, Lithuanian
Cartographic society
Alexander Wolodtschenko, Chair, ICA Commission on
Theoretical Cartography
Kęstutis Papšys (Vilnius), representative of
stakeholders, HNIT-Baltic/ESRI, Lithuania

10:30 – 12:00 Oral presentations:

Georg Gartner (ICA, Vienna): Towards the development
of a body of knowledge for the domain of cartography.
Janis Strauhmanis (Riga): Thematic cartography and
cartosemiotics.
Victor Rudsky (Baranovichy): Where does mapping go?
Alexander Wolodtschenko (Dresden): Cartosemiotic
identity and competences.

Giedrė Beconytė (Vilnius): Cartographic (geographic)
competences and Cartography Master study programme.

12:00 – 13:00 Lunch

13:00 – 14:30 Oral presentations:

Audrius Kryžanauskas (Vilnius): Metadata on
geographic problems: possibility of a consistent system.
Andrius Balčiūnas (Vilnius): The Role of cartographic
competences optimizing the creation of Internet maps.
Rico Beckert and Michal Stransky (Dresden): Current
trend in German cartography – „AAA“.
Asta Adomaitytė, Inga Ročiūtė and Vilmantas Alekna
(Vilnius): Map of the 21st century conflicts in Europe.
Jurga Kuodytė Dūdė: Map of mythical creatures of
Europe.
Edgaras Živatkauskas and Mindaugas Džiautas
(Vilnius): Children Atlas of the World.

14:30 – 15:00 Coffee break
exhibition of children map submissions to the ICC2011

15:00 – 16:00 Oral presentations:

Aivaras Lileika (Vilnius). "Geography of identification:
‘sunken’ lands (Historical connection of geopolitics,
geography and cartography)".
**Jelena Pavliukovič and Birutė Ruzgienė (Vilnius).
Gaining cartographic data using WEB, GIS and
photogrammetric approach.**
Kęstutis Papšys and Lina Papšienė (Vilnius):
Cartography for risk evaluation.
Linas Bevainis and Algimantas Česnulevičius (Vilnius):

Perception of cartographic information in geography
teaching.

Saturday, April 9

11:00 – 12:00 Poster presentations and round table
discussion

Gintautas Mozgeris and Michailas Palicinas (Kaunas):
Forest Mapping in Lithuania, the Role of GIS.
Aleksandr Koshkarev (Moscow): Neogeography and
SDI’s geo-portals: feel a difference.
Artūras Bautrėnas, Regina Bugorevičienė and Neringa
Mačiulevičiūtė, (Vilnius): The problems thematic
cartography for schools.
Donatas Ovodas and Algimantas Česnulevičius
(Vilnius): Semantic aspects of military aeronautical
charts.
Dovid Katz (Montreal, Yale): Memories and Maps of a
Yiddish Dialectologist.
Romualdas Girkus and Tomas Dukša (Kaunas, Vilnius):
Erathostenes’ map of the Ecumene.
Edita Maneikaitė and Žymantas Morkvėnas (Vilnius):
The Practical Environmental Problems of Solution
Using GIS – GUARDING EARTH.
Roman Pysarenko (Ukraine): GIS explanation of
tuberculosis diffusion in Ukraine. Example of Odessa
region.

12:00 – 13:00 Lunch

13:00 – 15:00 Round table discussion

GAINING CARTOGRAPHIC DATA USING WEB, GIS AND PHOTOGRAMMETRIC APPROACH

Jelena Pavliukovič, Birutė Ruzgienė

*Dept of Geodesy and Cadastre, Vilnius Gediminas Technical University, Saulėtekio al.11,
Lt-10223 Vilnius-40, Lithuania
El. paštas: Birute.Ruzgiene@vgtu.lt*

Abstract. The world of computer systems for cartographic application involves a large variety of software and is still expanding. Several GIS software is similar, at first glance, however they differ in functionality and operating principles requires for cartography and visualization techniques. Nowadays their needs and is high desirable to find the best solution studying feasibility of program systems applicable for spatial cartographic tasks regarding to easiest for use, flexibility and reducing costs. The analysis of GIS and photogrammetric software for getting digital geodata, transmitting and representing geographic data is presented. The geodata extraction possibilities from WEB (online space) are investigated.

Keywords: Digital Photogrammetry, Geographic Information System (GIS), WEB mapping.

1. Introduction

The comparative analysis and evaluation of popular GIS, interactive internet space and photogrammetric technology used for construction of digital maps have been carried out.

GIS as integrated hardware and software data collection system is used for geographic information management, spatial analysis and modeling of process.

Currently, wide ranges of GIS software are used. They may vary considerably. Usually there is a basic developer of GIS software: *ESRI*, *MapInfo*, *Intergraph* and others.

Every geographic object, depending on their size or appearance can be depicted in a particular geometric element.

Digital photogrammetry is related with fundamental changes in photogrammetric workflow and in softcopy systems. Since 1990, when advanced computer technologies have made huge influence in photogrammetry evolution, softcopy-based system or Digital Photogrammetric Workstation (DPW) has been integrated for

photogrammetric mapping. Nowadays a digital workstation is a powerful computer system that is designed to perform special photogrammetric tasks.

The aim of research is to perform the comparison test using different Digital Photogrammetric Workstations (*DDPS* - photogrammetric package for processing of digital aerial photographs, Belgium-Poland; *DPW LISA FOTO* with image processing module *LISA BASIC* and *BLUH*, Germany) investigating the potential of the other photogrammetric mapping systems integration for getting highest efficiency.

The geodata extraction possibilities from WEB (online space) are investigated.

2. GIS software

The most popular GIS program systems used for geodata updating are investigated with solving experimental tasks present at samples.

ArcGIS – a system that lets easily to processing the data, to present maps, globes, and models on the desktop and serve them out for use, in a browser, or in

the field via mobile devices. Perform advanced spatial analysis, model operational processes, and visualize results on professional-quality maps.

ArcView – geographic information system for visualizing, managing, creating, and analyzing geographic data.

GEOSECMA NT – system for geographic and attribute data collection on urban infrastructure design, management and visualization. Fragment of sample city (Vilnius) – created database presented in Figure 1.

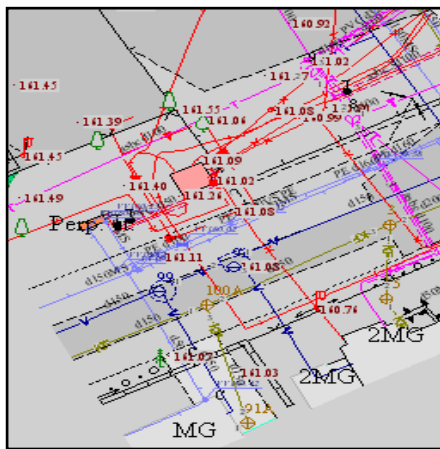


Figure 1. Fragment of sample city (Vilnius) – created database

AutoCAD Map - a program that can design and analyze various geodatabases, to exchange data with each other, to create the GIS and CAD platforms, not need to use any additional programs. Modeling of map is presented in Figure 2.



Figure 2. Modeling of map using *AutoCAD Map*

3. Digital photogrammetric workstation

Digital photogrammetric systems used for digital terrain models generation present high the quality and accuracy of the results as well as can be solved surface 3D modeling tasks.

The possibilities and potentials for images photogrammetric processing using *DDPS* and *LISA* software are listed in Table 1.

Table 1. Description functionalities of digital photogrammetric systems

Software / Description of procedures	
DDPS	Requirements: images with 8 bits/pixel - grey level; input file format only BMP; photos from metric camera; minimal number of control points per model - six. Procedures: inner orientation; exterior orientation, epipolar resampling, image matching, generation of DEM, orthorectification, VRML model generation. Functionalities: movements in the images, track down points on the images, movements in the charts, zooming, and the threads for estimation the duration of specific procedures.
LISA	<i>LISA</i> consists of packages: <i>LISA BASIC</i> - image processing software; <i>LISA FOTO</i> - digital photogrammetric workstation; <i>BLUH</i> - bundle block adjustment software. Requirements for <i>LISA</i> functionality: the maximum size per image - 10 MB; only grey scale images, photos from metric and digital camera; tools for creation and handle a database for geocoded images are not available. Images processing: orientation, aerial triangulation, model definition, terrain modeling, vector data collection, orthophoto generation, mosaics.

Sample of processing the aerial photography using digital photogrammetric system (*LISA*) is presented in Figure 3.



Figure 3. Processing of aerial photography using digital photogrammetric system (*LISA*)

4. Geodata extraction from WEB

Interactive features provides the different data management capabilities, but some of them are more important in interactive maps, which contain only a geographical basis, and conducted the search, routing functions (such as *Google Maps*, *Bing maps*, *maps.lt*, *Google Earth*, *ACME Mapper* and others), the other – the created layers of thematic information review and so on (e.g. online atlases, geographical maps and statistical data, etc.).

Fragment of geodata *ACME Mapper* is presented in Figure 4.

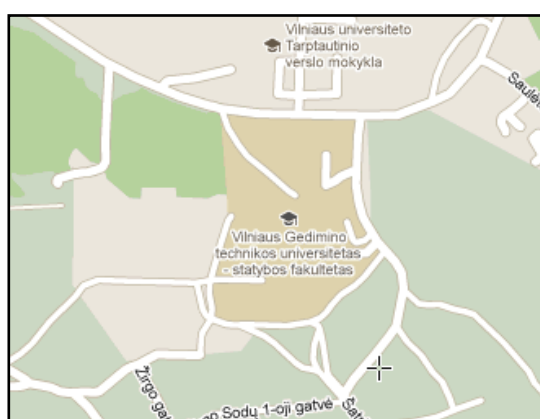


Figure 4. Fragment of geodata *ACME Mapper*

photography and GIS 3D globe. Sample of geodata extracted from *Google Earth* presented in Figure 5.



Figure 5. Sample geodata extracted from *Google Earth*

Google Maps – a program which allow to investigate worlds maps, plan routes and search the necessary areas. *Google Maps* has a lot of abilities - i.e. easily can be finding any object, etc. Geodata from *Google Maps* is presented in Figure 6.

Google Earth – a virtual globe, map and geographical information program. It maps the Earth by the superimposition of images obtained from satellite imagery, aerial



Figure 6. Sample of image involved geodata from *Google Maps*

Maps.lt - popular internet mapping site for interactive navigation within the geographical maps, for the local search and explore of geodata and digital maps. There is possibility to search orthophoto maps and to get hybrid raster and vector data.

Sample of 2,5D vector data from *Maps.lt* is presented in Figure 7.

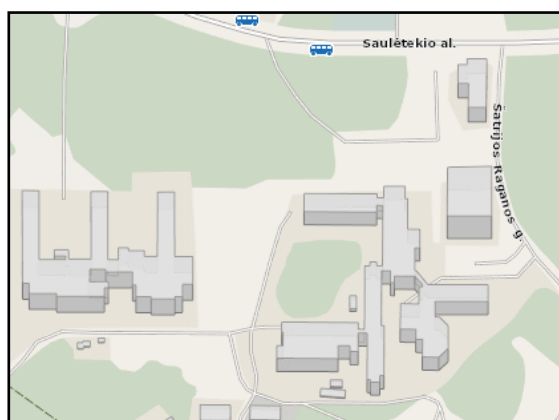


Figure 7. Sample of 2,5D vector data from *Maps.lt*

Conclusions

GIS software offers a convenient way of working with maps. There is possible to construct panoramic view to manage a map, to require for any desirable geoobjects data, attributes and metadata. After analyses of GIS software there was determined that for effectiveness gaining cartographic data

ArcGIS is recommended for use.

Constructing digital maps with *ArcGIS 9* software require additional software such as: *ArcCatalog*, *ArcToolbox*, *ArcMap*, etc. *ArcGIS 9* advantages are: high resolution, convenient and simple map quality control and maps management on computer screen.

Softcopy *DDPS* has advantage in education of digital photogrammetry processes and has some contradictions with Digital Photogrammetric Workstations used in production companies. Digital Photogrammetric Workstation *LISA FOTO* has priority for mapping because of complete photogrammetric processing package. The accuracy of photogrammetric measurements differs not significantly and mostly depends on operator experience.

WEB sites present various cartographic data. Investigating several interactive mapping sites was determined that *Maps.lt* is mostly flexible for geodata collection.

References

1. *Didactic and Digital Photogrammetric Software (DDPS)*. (2002). Users Guide. Surfaces laboratory, Department of Geomatics, University of Liege, Belgium and Institute of Geodesy and Cartography, Department of Photogrammetry, Poland, pp. 63.
2. GIS software. <http://www.hnit-baltic.lt/DesktopDefault.aspx?tabID=3412&alias=hnit-baltic&lang=lt-LT>. (Last visited: April 4, 2011).
3. Linger, W. (2006). *Digital Photogrammetry. A Practical Course*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, pp. 214.
4. *Maps.lt*. <http://www.maps.lt/map/>. (Last visited: April 4, 2011).
5. Ruzgienė, B; Aleknienė, E. (2007). *Analytical and digital photogrammetric geodata production systems - a comparison test*. Geodesy and cartography (Geodezija ir kartografija). XXXIII t., Nr.2. ISSN 1392-1541. Vilnius: Technika, p. 50-54.