



**VILNIAUS UNIVERSITETAS
GAMTOS MOKSLŲ FAKULTETAS
KARTOGRAFIJOS CENTRAS**

Įvertinimas:

Edvinas Kaluginas

**AUTOMATINIO VANDENS TELKINIŲ IŠSKYRIMO OPTIMIZAVIMO
IR TIKSLUMO VERTINIMO METODIKA**

**WATER BODY AUTOMATED EXTRACTION OPTIMIZATION AND
ACCURACY ASSESSMENT METHODOLOGY**

Baigiamasis magistro darbas

Studijų programa – Kartografija

Vadovas: doc. dr. Artūras Baurėnas

VILNIUS, 2016

TURINYS

ANOTACIJA.....	3
TRUMPINIŲ ŽODYNĖLIS	4
ĮVADAS.....	5
DARBO TIKSLAS IR UŽDAVINIAI.....	7
1 LITERATŪROS APŽVALGA	8
2 KRAŠTOVAIZDŽIO ELEMENTŲ IŠSKYRIMO METODAI.....	14
2.1 Vizualinis būdas	14
2.2 Automatiniai būdai	16
2.3 Lauko matavimai	20
3 DARBO METODOLOGIJA	21
3.1 Vizualinis (rankinis) klasifikavimas.....	23
3.2 Kontroliuojama klasifikacija	25
3.3 Nektroliuojama klasifikacija	26
3.4 Klasifikavimas, naudojant sukurtą programą.....	27
4 VANDENS TELKINIŲ IŠSKYRIMO REZULTATŲ ANALIZĖ IR TIKSLUMO VERTINIMAS	33
4.1 Automatinės klasifikacijos rezultatai ir tikslumo vertinimas	34
4.2 Sukurtos programos rezultatai ir tikslumo vertinimas.....	38
IŠVADOS.....	41
SANTRAUKA	42
SUMMARY	43
LITERATŪROS SĄRAŠAS.....	44

Kaluginas E. Automatinio vandens telkinių išskyrimo optimizavimo ir tikslumo vertinimo metodika. Magistro darbas. Vilnius: VU. 2016.

Anotacija. Kraštovaizdžio elementų išskyrimas iš aukštos raiškos ortofotonuotraukų ar palydovinių vaizdų šiais laikais dar nėra pilnai automatizuotas ir dažniausiai yra atliekamas ranka. Tai užima daug laiko, todėl yra būtina ieškoti būdų kaip bent iš dalies automatizuoti šį procesą ir sumažinti rankinio darbo kiekį. Šio darbo tikslas – sukurti automatinio vandens telkinių išskyrimo metodiką ir įvertinti jos galimybes bei tikslumą. Darbo tikslo įgyvendinimui suformuluoti penki uždaviniai: apžvelgti užsienio ir Lietuvos literatūrą; atlikti esamų kraštovaizdžio elementų kartografavimo ir išskyrimo metodų analizę; sukurti kraštovaizdžio elementų automatizuoto išskyrimo metodiką; atlikti pasirinktų vandens telkinių išskyrimą taikant sukurtą metodiką; atlikti gautų rezultatų analizę ir išskyrimo tikslumo vertinimą. Darbe buvo atliktos 4 skirtingos kraštovaizdžio elementų klasifikacijos: vizualinė (rankinė), automatinės kontroliuojama ir nekontroliuojama bei pasitelkiant sukurtą programą. Tyrimo rezultatų analizė ir kokybės vertinimas parodė, kad lyginant su ranka nubraižytais objektais, tiksliausiai juos išskiria būtent sukurta programa. Abu automatiniai metodai pasižymėjo šiek tiek mažesniu tikslumu ir tarpusavyje skyrėsi nedaug. Darbo gale buvo pateiktos rekomendacijos, kaip būtų galima patobulinti sukurtą programą siekiant toliau tobulinti automatinio kraštovaizdžių elementų išskyrimo metodiką.

Tekstas 46 psl., 20 pav., 5 lentelės. Santrauka lietuvių ir anglų kalbomis.

Prasminiai žodžiai: kraštovaizdžio elementų išskyrimas, proceso automatizavimas, objektų klasifikacija, tikslumo vertinimas

TRUMPINIŲ ŽODYNĖLIS

VĮ ŽŪIKVC - valstybės įmonė „Žemės ūkio informacijos ir kaimo verslo centras“

GIS – geografinės informacinės sistemos

EDAP – erdvinių duomenų administravimo poskyris

KŽS_DB10LT – Lietuvos Respublikos teritorijos M 1:10 000 kontrolinių žemės sklypų duomenų bazė

KŽS – kontrolinis žemės sklypas

LIDAR – vietovės skenavimas lazeriu iš orlaivio, gaunant aukščio taškus

ICESAT – Žemės stebėjimo sistemos misija, skirta matuoti ledo paviršiams, debesų, aerzolių aukščiui bei žemės paviršiaus topografinėms ir vegetacijos charakteristikoms

ISODATA – nekontroliuojamos klasifikacijos algoritmas

IKONOS – komercinis palydovas

FuzCoC – filtravimo metodas

SVM – duomenų klasifikacijos algoritmas

ALS – žemės paviršiaus skenavimas lazeriu iš orlaivio

SMAP – užstatytų teritorijų klasifikacijos algoritmas, naudojantis multispektrinius duomenis

MCL – maksimalaus panašumo klasifikacijos metodas

GKODAS – grafinio objekto identifikavimo kodas

DPI (angl. dots per inch) – parodo kiek taškų sudaro vaizdą viename mato vienetė

IVADAS

Kraštovaizdžio elementai – tai miškai, pievos, upės, ežerai, keliai ir kiti objektai, kuriuos kiekvienas aplink matome kasdien. Kartografinė prasme šie dinamiški, pastoviai kintantys objektai yra atvaizduojami žemėlapyje, kompiuterio ar navigacijos prietaiso ekrane.

Skirtingų kraštovaizdžio elementų klasifikavimas ir ribų nustatymas iš aukštos raiškos aerofotonuotraukų ar ortofotonuotraukų šiais laikais dar nėra pilnai automatizuotas, nors tam ir yra priemonių. To nėra padaryta daugiausiai dėl to, kad kompiuteris kol kas dar nesugeba taip gerai interpretuoti žemės paviršiaus elementų ir jų ribų lyginant su žmogaus smegenimis. Parašyta daugybė mokslinių straipsnių, atlikta gausybė įvairių tyrimų, eksperimentų, kurių metu buvo bandoma pasiekti maksimalius tikslumo rezultatus naudojant automatizuotus procesus. Rezultatai įvairūs - nuo patenkinamų iki gana aukštų reikšmių. Automatinis ribų nustatymas šiais laikais yra labai aktualus. Dinaminiai dirvožemio, vandens telkinių procesai, kasmetiniai ūkininkų sodinamų kultūrų išsidėstymo pasikeitimai, urbanizacijos plėtra yra tik kelios sferos, kur proceso automatizavimas sutaupytų ne tik daug laiko resursų, bet ir finansų, rankinio darbo kiekio.

Šio magistrinio darbo tema pasirinkta siekiant supaprastinti (t.y. bent iš dalies automatizuoti) VĮ ŽŪIKVC GIS skyriaus EDAP darbą, taip sutaupant laiko resursų, sumažinant rankinio darbo kiekį bei didinant darbo efektyvumą ir apimtį. ŽŪIKVC savo veikla siekia užtikrinti Ministerijos reguliavimo srities registrų ir informacinių sistemų efektyvų veikimą ir dalyvauti paramos žemės ūkiui ir kaimo plėtrai administravimo sistemos, atitinkančios Europos Sąjungos reikalavimus, kūrimo procesuose, taip pat siekia didinti teikiamų viešųjų ir administracinių paslaugų apimtį, efektyvumą ir teikiamos informacijos operatyvumą (Valstybės ..., 2014).

GIS skyriaus pagrindinė funkcija yra administruoti duomenų bazę KŽS_DB10LT, t.y. atnaujinti KŽS ribas. KŽS ribų atnaujinimas yra labai aktualus dalykas, nes kiekvienais metais ūkininkai vienaip ar kitaip tvarko savo žemes – sodina, kerta miškus ir krūmus, kasa tvenkinius, sausina užpelkėjusias vietas, modifikuoja kelių konfigūracijas ir kitaip keičia kraštovaizdį. Kadangi ši kaita yra labai dinamiška ir aktyvi, tai dažnai reikia koreguoti KŽS ribas. GIS skyrius tai atlieka patikrų vietoje metu arba gavę naujus ortofotonuotraukų ar labai aukštos raiškos palydovinius vaizdus. Duomenų bazei atnaujinti skirtos ortofotonuotraukos arba aerofotonuotraukos yra gaunamos 1-2 kartus per metus.

Atsižvelgiant į specialistų kiekį, darbo krūvis yra labai didelis, todėl darbo proceso optimizavimas yra labai aktualus ir naudingas.

Šiame magistriniame darbe yra lyginami 3 skirtingi KŽS blokų ribų nustatymo būdai bei jų tikslumas:

1. Vizualinis būdas, kurio kokybė daugiausiai priklauso nuo vaizdo interpretavimo ir specialisto kvalifikacijos bei patirties (rankinis).
2. Automatinis – automatizuotas ArcGIS programinės įrangos siūlomas rastrinio vaizdo apdorojimas ir objektų ribų nustatymas bei klasifikavimas.
3. Programa, sukurta naudojantis „Visual Studio 2015“ programine įranga. Jos funkcija yra grupuoti pikselius į tam tikras klases (pvz. vandens telkinių klasė).

Pirmame darbo skyriuje yra apžvelgiama užsienio ir Lietuvos literatūra, atlikti tyrimai bei jų rezultatai. Antrasis skyrius aprašo populiariausius kraštovaizdžio elementų išskyrimo metodus, nurodomi jų pliusai ir minusai, pateikiamos iliustracijos. Trečiajame skyriuje yra aprašoma darbo metodologija, visos atliktos klasifikacijos žingsnis po žingsnio. Ketvirtajame skyriuje yra analizuojami gauti rezultatai bei atliekamas tikslumo vertinimas, klasifikacijos lyginamos tarpusavyje. Turinys praturtinamas iliustracijomis, lentelėmis bei grafikais. Darbo gale pateikiamos išvados bei santraukos lietuvių ir anglų kalbomis.

Norėčiau skirti didelę padėką gerbiamam doc.dr. Artūriui Bautrėnui už visokeriopą pagalbą ruošiant šį magistro baigiamąjį darbą.

DARBO TIKSLAS IR UŽDAVINIAI

Šio baigiamojo magistrinio darbo tikslas – sukurti automatinio vandens telkinių išskyrimo metodiką ir įvertinti jos galimybes bei tikslumą. Norint pasiekti šį tikslą buvo išsikelti šie uždaviniai:

1. Apžvelgti užsienio ir Lietuvos literatūrą.
2. Atlikti esamų kraštovaizdžio elementų kartografavimo bei išskyrimo metodų analizę.
3. Sukurti kraštovaizdžio elementų automatizuoto išskyrimo metodiką.
4. Atlikti pasirinktų vandens telkinių išskyrimą taikant sukurtą metodiką.
5. Atlikti gautų rezultatų analizę ir išskyrimo tikslumo vertinimą.

1. LITERATŪROS APŽVALGA

Kraštovaizdžio elementų automatinė klasifikacija iš aukštos kokybės vaizdų jau senai domina mokslininkus. Urbanizacija, tarša tiek sausumoje, tiek vandenyne, kertami ir sodinami miškai, kultūros pasiskirstymas yra tik keli iš daugelio išvardinti veiksnių, kuriuos galima analizuoti naudojant nuolat atsinaujinančius palydovinius vaizdus bei aukštos raiškos orto ar aerofotonuotraukas. Šiame skyriuje yra pateikiami kitų autorių tyrimai, susiję su kraštovaizdžio elementų klasifikacija.

Vienas iš duomenų tipų, skirtų fiksuoti dinaminis teritorijų pasikeitimus, yra LIDAR, arba kitaip aukščio duomenys. Šie duomenys gali būti naudojami tiek dirbant su orientaciniais žemėlapiais (Trier, 2015), tiek siekiant nustatyti skirtingas žemės paviršiaus elementų klases.

Mokslininkai (Antonarakis, Richards, Brasington, 2008) savo tyrime naudodami aukščio ir ryškumo LIDAR duomenis, bandė veiksmingai suklasifikuoti miško ir žemės paviršiaus tipus pasitelkdami kontroliuojamą objektai paremtą vaizdo analizės būdą, tai yra grupuodami pikselius į įvairių formų ir dydžio blokus. Tyrimas buvo atliktas naudojant du metodus: pirmame metode kartu su aukščio taškais buvo naudojami ir žemės paviršiaus taškai smarkiai apaugusiose teritorijose, tuo tarpu antrame metode prieš atliekant klasifikaciją žemės paviršiaus taškai buvo praleisti. Tyrimo rezultatai parodė, kad trijose pasirinktose teritorijose (upės vingiuose) klasifikacija buvo 95% ir 94% tikslumo, atitinkamai naudojant ir nenaudojant žemės paviršiaus taškus. Jų bendras klasifikacijos tikslumas siekė net iki 98%. Kitų paviršių klasifikacija, kai pavyzdžiui žemaūgių augalų ir plikos žemės svyravo apie 90%.

Tais pačiais metais, naudojantis LIDAR duomenimis savo tyrimą, skirtą suklasifikuoti žemės plotus, pristatė ir kita mokslininkų komanda (Im, Jensen, Hodgson, 2008).

Pagrindinė informacija, kuria buvo remtasi atliekant klasifikaciją buvo gauta iš šių parametrų: aukščio, ryškumo ir objekto formos. Tyrime panaudotos 8 metrikos: vidutinis aukštis, standartinis aukščio nuokrypis, aukščio homogeniškumas, aukščio kontrastas, aukščio entropija, aukščio koreliacija, vidutinis ryškumas ir kompaktiškumas. Naudojant šiuos parametrus, klasifikacijos tikslumas siekė daugiau negu 90%. Jautrumo analizė parodė, kad geriausia metrika atskirti žolinę augaliją nuo kelių buvo vidutinis ryškumas (Im, Jensen, Hodgson, 2008).

Vaizdo klasifikacija taip pat labai aktuali nagrinėjant urbanizacijos pokyčius. Mokslininkai (Al Mamun, Mahmood, Rahman, 2013) iš Bangladešo universiteto nagrinėja kaip keitėsi Dakos miesto teritorija per paskutinius du dešimtmečius (1990-2010 m.). Pagrindinis publikacijos tikslas buvo pavaizduoti ir išanalizuoti urbanizacijos įtaką aplinkinėms teritorijoms. Tyrimui atlikti buvo pasirinktas kontroliuojamas (angl. supervised) klasifikavimo būdas. Klasifikuojant buvo neišvengta pavienių pikselių išsibarstymo (angl. „salt and pepper“), todėl buvo būtina atlikti generalizaciją ir filtraciją, siekiant juos panaikinti. Išsibarstę pikseliai buvo priskirti šalia esančioms grupėms. Atlikę tyrimą mokslininkų komanda (Al Mamun, Mahmood, Rahman, 2013) išsiaiškino, kad per dvidešimtmetį užstatytos teritorijos išsiplėtė 63%, kai tuo tarpu dirbamos žemės ir miškai sumažėjo net 59%, pelkės ir vandens telkiniai 53%. Visa tai galima sieti su kaimo žmonių imigracija į miestus, blogai organizuojama miesto infrastruktūra.

Urbanizacijos mastai buvo tiriami ir kituose straipsniuose. Mokslininkai (Alqurashi, Kumar, 2014) savo straipsnyje tyrė kaip kelių Saudo Arabijos miestų žemėnaudos keitėsi nuo 1986 iki 2013 metų, kai šalis pradėjo klestėti iš naftos išteklių. Tyrimui buvo naudoti palydoviniai Landsat vaizdai. Naudojant objektais paremtą klasifikaciją bei didžiausio panašumo metodą mokslininkai nustatė, kad miestų plėtra buvo iš tiesų labai didelė - atitinkamai 174% ir 113%.

Kita grupė mokslininkų (Duong, Pfeifer, Lindenbergh, 2006), siekusių suklasifikuoti žemės paviršių, naudojo visiškai kitokią bei naują sudėtingą metodiką. Tyrimo vieta – Nyderlandai. Mokslininkų publikacijoje buvo analizuojama galimybė naudoti ICESAT duomenis klasifikuojant žemės plotus. Sudėtinga klasifikacija paremta pilna bangos formos lazerio altimetrijos analize. Šis metodas, pasitelkiant Gauss'o modelius automatiškai analizuoja neapdorotas bangos formas, dalina lazerio pulsų pėdsakus į 4 kategorijas: aukšta augalija (miškas), užstatytos teritorijos, vandens telkiniai bei plika žemė arba žemaūgiai augalai. Mokslininkai išsiaiškino, kad šis metodas nėra pats tiksliausias: jie susidūrė su problemomis atskiriant aukštus augalus ir pastatus, taip pat bangos formų parametrai nebuvo pakankamai išsamūs efektyviai atskiriant vandens telkinius bei žemaūgius augalus, todėl šiuo metodu mokslininkai išgavo tik 73% tikslumo klasifikaciją (Duong, Pfeifer, Lindenbergh, 2006).

Klasifikuojant žemės plotus dažniausiai remiamasi trimis labiausiai paplitusiais metodais: nekontroliuojama pikseliais paremta klasifikacija (angl. unsupervised pixel-based), kontroliuojama pikseliais paremta klasifikacija (angl. supervised pixel-based) bei objektais

paremta klasifikacija (object-based). Sekančiame straipsnyje mokslininkai (Kamagata ir kt., 2005) palygina šias klasifikacijas.

Pastaruoju metu vis daugiau tyrimų naudoja objektinę klasifikaciją (žr. 1 pav.), nes ji yra pranašesnė už pikselinę. Šiame straipsnyje pateikiami abiejų klasifikacijų plusai ir minusai.



1 pav. Publikacijose naudojami vaizdo klasifikacijos metodai 2006-2013 metais

Pikseliais paremtos klasifikacijos analizėje buvo naudojami didžiausio panašumo bei ISODATA (Iterative Self-Organizing Data Analysis Technique) metodai, objektinėje – minimalaus atstumo metodas. Abiejose klasifikacijose šešėliai padidino klaidų skaičių. Naudojant pikselinę klasifikaciją abiem metodais buvo sunkiau nustatomos miško ribos dėl plačių lajų, taip pat buvo sudėtinga išskirti skirtingus medžių tipus. Objektinėje klasifikacijoje naudojant minimalaus atstumo metodą taip pat buvo nemažai klaidų išskiriant skirtingus medžių tipus, tačiau rezultatas buvo kokybiškesnis lyginant su pikseline klasifikacija. Šis metodas sėkmingai išskyrė homogeniškas miško dalis. Apibendrinus rezultatus antroji klasifikacija turi daugiau potencialo tiriant teritorijų kaitą heterogeniškoje ir greit besikeičiančiose teritorijose.

Šie klasifikacijos metodai gali būti naudojami labai plačioje sferoje. Štai Graikijos mokslininkai (Dragozi ir kt., 2014) analizuoja kaip būtų galima tiksliai išvektorizuoti po gaisro išdegtus plotus, remiantis IKONOS vaizdais. Jų analizė susidėjo tiek iš pikseliais paremto metodo, tiek objektinio, kurie buvo naudojami kartu su FuzCoC

(Fuzzy Complementary Criterion) ir SVM (Support Vector Machine) klasifikatoriais. Abiejais būdais, naudojant SVM klasifikatorių, buvo pasiekti gana geri rezultatai. FuzCoC metodologija leido pastebimai sumažinti „druskos ir pipirų“ efektą (t.y. išsibarsčiusius pavienius pikselius) bei pagerino išdegusių plotų klasės homogeniškumą (Dragozi ir kt., 2014). Visgi, atidžiau išanalizavus gautus duomenis apie gaisro nuniokotas žemes tapo aišku, kad objektinė klasifikacija, analogiškai anksčiau aptartam straipsniui, parodė geresnius rezultatus nei paremta pikseliais – žemėlapiai buvo tikslesni, klasifikacija reikalavo mažiau laiko ir resursų. Pagrindinis objektinio SVM metodo trūkumas yra tas, jog jis atliktas naudojant ne vieną programinę įrangą (Dragozi ir kt., 2014).

Kitame straipsnyje (Merwade, 2007) aprašo procedūrą, kurios pagalba, iš aukštos (1m) rezoliucijos aerofotonuotraukų yra automatiškai išvektorizuojamos vandens telkinių ribos. Ši metodika yra paremta kontroliuojama klasifikacija, kurioje buvo tik dvi klasės: vanduo ir visa kita. Tyrimas buvo atliktas 4 skirtingose Šiaurės Amerikos vietose: 3 upėse ir viename ežere. Svarbus tyrimo aspektas tas, kad pavyzdiniai poligonai turi pilnai patekti į vandens telkinį ir neišeiti už jo ribų. Rezultate, automatiškai išvektorizuoti vandens plotai tik 5% skiriasi nuo ranka vektorizuotų. Turint omenyje, kad taip sutaupoma 85% laiko, kurio prireiktų vektorizuoti vandens telkinius ranka, tai iš tiesų yra geras rezultatas (Merwade, 2007). Dar geresnių rezultatų būtų galima tikėtis, jei analizuojamas plotas būtų padalintas į kelias dalis (Whiteaker ir kt., 2005). Pagrindiniai šio tyrimo trūkumai būtų tiltai bei seklos, dėl kurių klasifikacijos tikslumas buvo mažesnis.

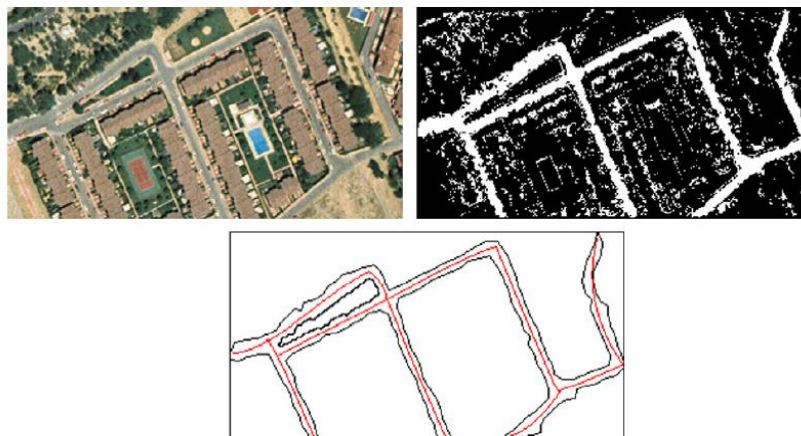
Dar vienas aktualus kraštovaizdžio elementas yra krantai. Sekovski (Sekovski ir kt., 2014) su grupe mokslininkų sprendė krantų erozijos ir dinaminių pokyčių problemą, kur reikalingas nuolatinis stebėjimas ir reljefo atnaujinimas. Siekiant sumažinti neigiamų veiksnių sukeltus padarinius ir sutaupyti laiko bei finansų viską darant vizualiniu (rankiniu) būdu, jie savo straipsnyje nagrinėjo pusiau automatinio metodo, nustatinėjant kranto ribas iš WorldView-2 labai aukštos rezoliucijos vaizdų, efektyvumą. Tyrimas buvo atliekamas Italijoje, Adrijos jūros pakrantėje, nes ši teritorija per paskutinius kelis dešimtmečius dėl erozijos smarkiai susitraukė (Sekovski ir kt., 2014). Nustatant drėgno ir sauso smėlio ribas buvo naudojami 4 kontroliuojami klasifikacijos metodai (gretasienė klasifikacija, Gauss'o maksimalaus panašumo, minimalaus atstumo iki vidurkio ir Mahalanobio atstumo klasifikacija), bei vienas nekontroliuojamas (ISODATA) būdas. Kokybės vertinimas buvo atliekamas su ranka vektorizuotom krantų ribom. Rezultate buvo pastebėta gera koreliacija (krantų ribų skirtumų mediana siekė apie 5m) tarp automatinio ir vizualinio metodo, kuris, pasak autorių, buvo pagrindinis limituojantis veiksnys, nes viskas priklausė nuo

vektorizuotojo patirties, atskiriant sauso ir drėgno smėlio ribas. Autoriai teigia, kad automatiniai klasifikavimo metodai ne tik, kad sutaupo laiko ir lėšų, bet ir yra labai naudingi dinamiškai besikeičiančioms vietovėms (Sekovski ir kt., 2014).

Automatizuoti pavienių medžių ar jų grupių išskyrimo metodai taip pat analizuoti ne viename straipsnyje. Štai 2014 metais publikuotame straipsnyje, mokslininkai (Smreček, Michnova, 2014) tyrinėja automatinio medžių išskyrimo galimybes naudojant lazerinį žemės skanavimą iš lėktuvo ((ALS) Airborne laser scanning). Pagrindinis tyrimo tikslas buvo pilnai automatizuotai išskirti pavienius medžius ir jų grupes, didesnes nei 0,1 ha. Palyginus su ranka braižytais poligonais ant ortofotonuotraukos (mastelis 1:30), medžių grupių tikslumas buvo net 100%, o pavienių – 98% (Smreček, Michnova, 2014). Kiti tyrinėtojai (Ke, Quackenbush, 2011) vertina metodus, skirtus automatizuotam medžių lajų identifikavimui ir išskyrimui. Straipsnyje apžvelgiami ir atliekami kiekybės tikslumo vertinimai dirbant su medžių lajomis.

Kelių vektorizavimas ranka taip pat yra daug laiko atimantis veiksmas, todėl Mena J. B. savo straipsnyje (Mena, 2006) pristato algoritmą, skirtą automatiškai iš aukštos raiškos vaizdų ar skanuotų žemėlapių išvektorizuoti kelių tinklus bei kitus linijinius objektus (žr. 2 pav.).

Siekiant gauti kokybiškus ir maksimalaus tikslumo rezultatus, šis algoritmas yra paremtas kelių plano sudarymo ir vaizdo teorija, naudojant geometrines ir topologines pataisas. Tai leidžia gauti kelių „skeletą“, kuris gali būti integruotas į bet kurią geografinę informacinę sistemą (Mena, 2006). Atsižvelgiant į gautus rezultatus, galima daryti išvadą, kad šis metodas pateikia aukštos geometrinės ir topologinės kokybės kelių tinklus. Nepaisant nežymių klaidų, algoritmas sutaupo nemažai rankinio kelių vektorizavimo ir jų atnaujinimo laiko (Mena, 2006).



2 pav. Kelių tinklo automatinio išskyrimo algoritmas (Mena, 2006)

Lietuvoje, kaip teigia mokslininkai (Milieškaitė, Vaitkus, 2011), tokio tipo tyrimai šiuo metu jau nėra naujiena, nors praktiškai kosminiai vaizdai Lietuvoje naudojami dar visai neseniai. Savo tyrime šie mokslininkai naudoja kontroliuojamą klasifikacijos metodą, siekdami identifikuoti žemės dangą iš Landsat TM skaitmeninio rastrinio vaizdo. Jo klasifikavimas buvo atliktas naudojant daugiaspektrius SMAP (sequential maximum a posteriori) bei MCL („maximum likelihood“ classifier) segmentavimo algoritmus. Siekiant įvertinti analizės tikslumą, straipsnio autoriai skaičiavo klaidų matricą ir kappa koeficientą. Tiksliausiai identifikuoti vandens telkiniai (100%), durpynai (96%) bei spygliuočių miškai (92%). Tyrimo rezultatai parodė, kad nuotolinio stebėjimo ir GIS yra puiki priemonė žemės dangos tipams identifikuoti ir plotams apskaičiuoti, tačiau tikslus įvertinimas galima tik atlikus lauko tyrimus analizuojamoje vietovėje (Milieškaitė, Vaitkus, 2011).

Kitas leidinys (Geografinės..., 2007) yra mokomoji knyga, kurioje aprašyti įvairūs klasifikacijų metodai ir būdai, nuotolinių tyrimų taikymas, darbas su skaitmeniniais reljefo modeliais ir t.t.

2. KRAŠTOVAIZDŽIO ELEMENTŲ IŠSKYRIMO METODAI

Šiuo metu egzistuoja keli populiariausi kraštovaizdžio elementų (vandens telkinių, dirbamų laukų, užstatytų teritorijų ir t.t.) išskyrimo būdai. Tai būtų:

- 1) Vizualinis (rankinis) būdas
- 2) Automatinis būdas, kuris dar skirstomas į:
 - a. kontroliuojamą klasifikaciją (supervised classification)
 - b. nekontroliuojamą klasifikaciją (unsupervised classification)
 - c. objektais paremta vaizdo analizė (object-oriented image analysis)
- 3) Lauko matavimai, patikros vietoje

2.1 Vizualinis (rankinis) būdas

Tai plačiausiai šiuo metu naudojamas kraštovaizdžio elementų išskyrimo būdas. Vizualinis būdas reikalauja daug laiko ir resursų, nes procesas yra lėtas, todėl norint apdoroti didelę teritoriją laiku, reikia turėti nemažai specialistų, dirbančių šiuo metodu. Darbo principas yra toks: gavus naujus palydovinius ar orto vaizdus, specialistai atnaujina duomenų bazę pagal vizualiai pasikeitusias ribas, kurios aiškiai matomos naujoje medžiagoje. Duomenų bazės vienetai yra blokai (žr. 3 pav.), kurie turi savo kodus (GKODAS). KŽS (kitais blokais) tai Kontrolinis žemės sklypas – natūralių gamtinių ir dirbtinių objektų (upių vagų, miško masyvų, kelių, pastatų ir pan.) ribojamas ar istorines žemės naudojimo ribas turintis vientisas žemės plotas, kuriam būdingos tam tikros gamtinės savybės, vyraujantis dangos tipas, ūkinio naudojimo ypatumai ir kuriam suteiktas unikalus atpažinties kodas kontrolinių žemės sklypų duomenų bazėje (toliau – KŽS_DB10LT). Šio sklypo plotas naudojamas pareiškėjų deklaruotų laukų plotams kontroliuoti (Valstybės..., 2014).

Populiariausi GKODAI yra:

1. bl1 – tinkamas paramai dirbamas laukas
2. bl3 – apaugę plotai
3. bl2, bl6 – užstatyta teritorija
4. bl9 – netinkamas plotas
5. hd3, hd4 – vandens telkiniai

6. gc12p, gc14p – keliai
7. hc31p, hc32p - kanalai



3 pav. Vizualiniu (rankiniu) būdu apdorotas KŽS_DB10LT duomenų bazės fragmentas su kontrolinių žemės sklypų GKODAIS (raudona linija – blokų ribos)

Daugeliu atveju duomenų bazės kokybė priklauso nuo prie jos dirbusio specialisto kompetencijos, patirties ir asmeninių savybių. Vieni dirba lėtai, bet kruopščiai, tuo tarpu kiti – greitai, bet palieka nemažai klaidų, ko pasekoje nukenčia ne tik bazės kokybė, bet ir ūkininkai, kurie deklarudami pasėlius, iš Europos sąjungos gauna paramą ūkiui vystyti. Dirbant šiuo metodu, labai svarbu nepalikti tiek elementarių (pvz. sumaišytas GKODAS – vandens telkinys pažymėtas kaip dirbama žemė), tiek topologinių klaidų – tai yra blokų persidengimų bei taip vadinamų „sklylių“ – vietų, kuriose neegzistuoja joks blokas, tuštuma.

Šias klaidas yra sunku pastebėti, todėl reguliariai reikia tikrinti bazės kokybę su topologiniu įrankiu.

Didžiausi vizualinio būdo pliusai:

1. Pakankamai aukšta duomenų bazės kokybė
2. Žmogus geriau nei kompiuteris interpretuoja medžių lajas, vandens augaliją

Trūkumai:

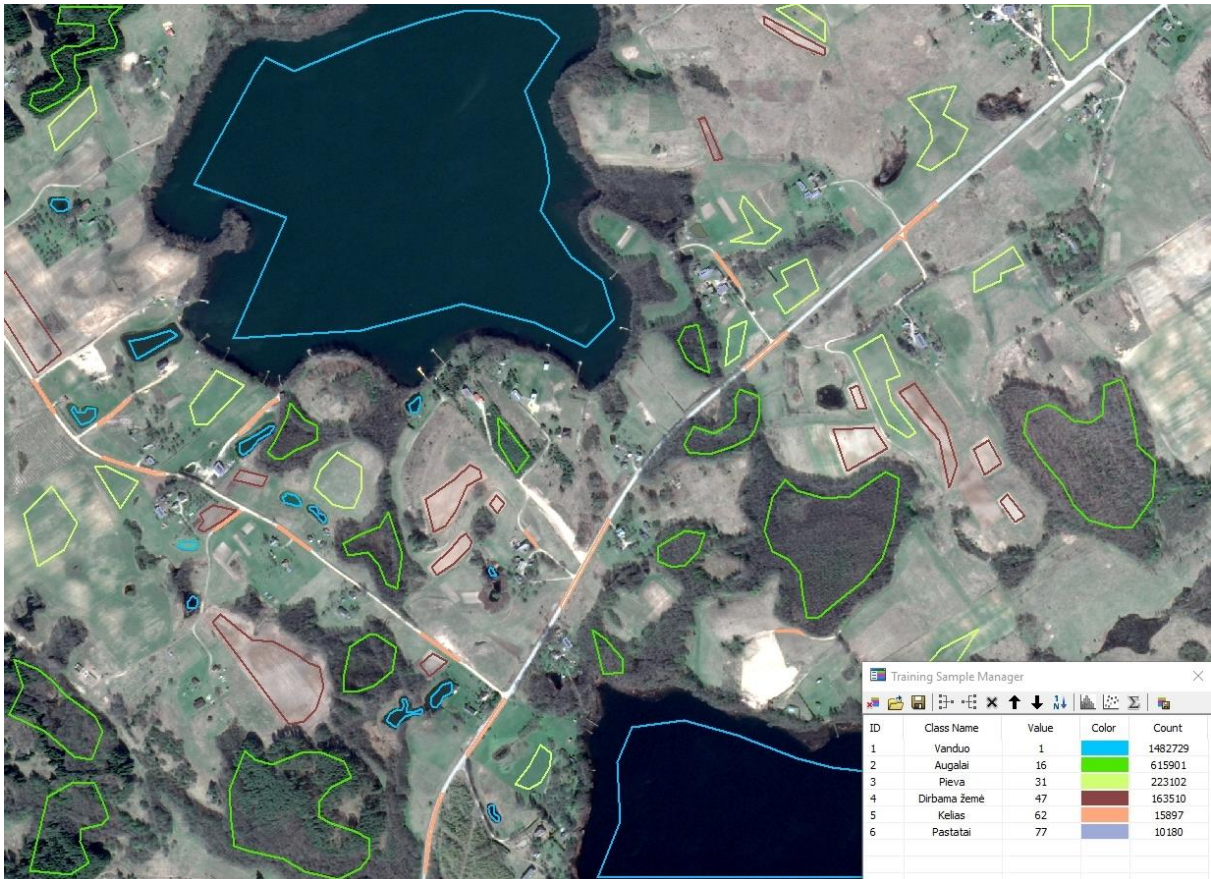
1. Lėtas procesas
2. Gali likti klaidų
3. Kokybė priklauso nuo specialisto kompetencijos
4. Brangus lyginant su automatiniais metodais

2.2 Automatiniai būdai

Populiariausi automatiniai vaizdo klasifikavimo būdai yra šie: kontroliuojama klasifikacija, nekontroliuojama klasifikacija bei objektinė vaizdo analizė. Visi šie būdai grupuoja pikselius į tam tikras homogeniškas grupes.

Kontroliuojama klasifikacija (angl. supervised classification) – tai skaitmeninio vaizdo analizės būdas, kuris priskiria pikselius į grupes, remdamasis naudotojo išbrėžtais kontroliniais poligonais. Visų pirma, naudotojas norėdamas išanalizuoti (sugrupuoti pikselius) skaitmeninį vaizdą, priklausomai nuo užsibrėžto tikslumo, nubraižo kelis ar keliolika kontrolinių poligonų.

Tai tokie poligonai (žr. 4 pav.), kurie pilnai patenka į tam tikrą klasę, pvz. vandens telkinį ar mišką. Taip yra „suformuojami“ klasės pikselių reikšmių intervalai (signatūros), pagal kuriuos kompiuteris gali apdoroti visą likusį vaizdą. Signatūros yra konkretaus žemės dangos tipo šviesio verčių statistinis aprašas (Geografinės..., 2007).



4 pav. Kontroliniai poligonai ArcGIS programoje

Privalumai:

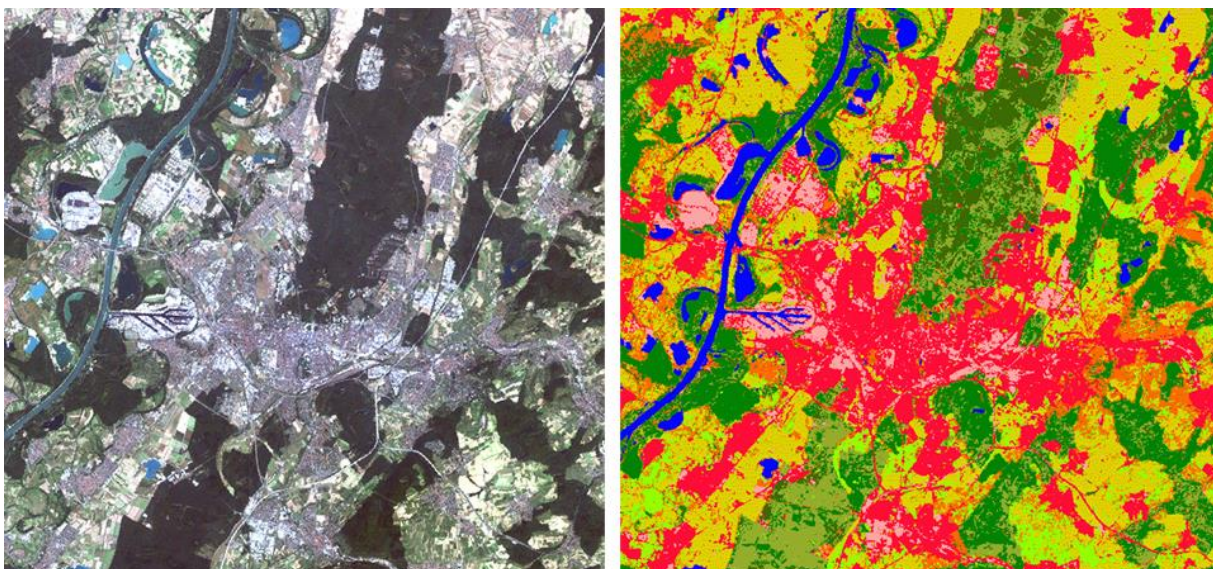
1. Greitas būdas nustatyti nežinomų teritorijų klase
2. Pigesnis nei vizualinis būdas

Trūkumai:

1. Mažesnis ribų tikslumas nei vizualinis būdas
2. Gali atsirasti daug išsibarsčiusių pavienių pikselių
3. Nustatytos klasės gali klaidingai atspindėti realią situaciją

Sekantis automatinis būdas yra nekontroliuojama klasifikacija (angl. unsupervised classification). Didžiausias skirtumas tarp kontroliuojamos ir nekontroliuojamos yra tai, kad pirmojoje specialistas darbą atlieką prieš suskirstant skaitmeninį vaizdą į klases, o pastarojoje – po, kitaip tariant, šis būdas nereikalauja jokių pradinių duomenų, išskyrus patį skaitmeninį vaizdą.

Klasės yra nustatomos pagal pikselių spalvinius parametrus. Tyrėjas pasirenka klasių skaičių ir algoritmą, kurio pagalba yra sugeneruojami klasteriai (žr. 5 pav.). Tada naudotojas pats nustato kokią klasę atitinka skirtingų spalvų grupė.



5 pav. Karlsruhe regiono LANDSAT nuotrauka ir jos nekontroliuojama klasifikacija (Introduction..., 2016)

Privalumai:

1. Puikiai tinka nustatyti nežinomų teritorijų žemės tipui
2. Nereikalauja pradinių duomenų
3. Minimali žmogaus klaidos tikimybė

Trūkumai:

1. Mažiausiai tikslus
2. Kraštovaizdžio elementų tipas gali būti sunkiai nustatomas
3. Skirtingos klasės gali būti sugeneruotos tame pačiame klasteryje

Trečiasis automatizuotas būdas, kuris naudojamas klasifikuojant kraštovaizdžio elementus yra objektais paremta vaizdo analizė (angl. object-oriented). Ši klasifikacija apima vaizdo objektų ar segmentų, kurie yra sudaryti iš panašios tekstūros pikselių, susijusių vienas su kitu spalva, tonu, identifikaciją (Congalton R. G., Green K., 2012). Ji pakankamai skiriasi nuo pastarųjų dviejų aptartų klasifikacijų. Ši klasifikacija vietoj to, kad generuotų atskirus pikselius pagal jų spalvą, atsižvelgdama į pikselių homogeniškumą, formą ir aplinkinių pikselių parametrus, generuoja įvairių formų ir dydžių poligonus. Šis procesas dar vadinamas daugiarezoliucine segmentacija (Image ..., 2016). Jos metu pikseliai yra sugrupuojami ir iš jų yra sukuriami įvairių formų homogeniški objektai (žr. 6 pav.).



6 pav. Objektinės klasifikacijos pavyzdys (Desheng L., Xia F. 2010)

Šie objektai yra reikšmingesni nei paprastai į klases sugeneruoti pikseliai, nes jie gali būti klasifikuojami tiek pagal kontekstą, tiek pagal struktūrą ar geometriją. Dar vienas šios klasifikacijos privalumas yra tai, kad objektai vienu metu gali būti generuojami iš kelių sluoksnių (pvz. aukščio ir paviršiaus temperatūros).

Klasifikuojant aukštos rezoliucijos vaizdus, objektais paremta klasifikacija yra dažniausiai tikslesnė nei pikseliais paremti metodai, nes didėjant erdvinei rezoliucijai, atsiranda vis daugiau spektrinės sudėties skirtumų tarp pikselių, priklausančių tai pačiai klasei (Remote..., 2014). Taigi, turint aukštos rezoliucijos vaizdą patartina naudoti objektinę klasifikaciją, nes ji yra tikslesnė, tuo tarpu naudojant mažesnės raiškos vaizdą tinka tiek pikselinė, tiek objektinė klasifikacija.

Objektinės klasifikacijos privalumai:

1. Tikslesnė nei pikselinė klasifikacija
2. Klasifikuojant atsižvelgia į daugiau erdvinių parametrų
3. Didesnė vaizdo raiška užtikrina geresnę klasifikacijos kokybę

Objektinės klasifikacijos trūkumai:

1. Pilnas potencialas dar nėra gerai ištirtas

2.3 Lauko matavimai

Paskutinis, tačiau ne prasčiausias kraštovaizdžio elementų išskyrimo būdas yra lauko matavimai. Lauko matavimai yra atliekami tada, kai iš ortofoto medžiagos ar palydovinio vaizdo negalima tiksliai nuspręsti ar esamuoju laiku objektas yra vienaip ar kitaip pasikeitęs. Dažniausiai to negalima padaryti dėl kelių priežasčių:

1. Erdviniai vaizdai yra pasenę ir nebeaktualūs
2. Vaizdas nėra pakankamai aiškus, kad būtų galima nustatyti jo ribas ar kraštovaizdžio elemento tipą.
3. Ribų ar tipo pasikeitimai įvyko po nuotraukų darymo

Tokiais atvejais yra būtina važiuoti į potencialaus pasikeitimo vietą ir objektą išmatuoti rankiniu prietaisu. Šiuo metu VĮ ŽŪIKVC yra naudojami rankiniai GPS imtuvai „Trimble Geo 7x“. Atvykus į pasikeitimo vietą, visų pirmą yra įjungiamos vietos nustatymo pataisos. Maksimalus leistinas vietos tikslumas yra 75 cm, tačiau jis gali svyruoti dėl reljefo, aukštų medžių ir pan. Kai prietaisas gauna pataisas, galima pradėti lauko matavimą. Matavimas vykdomas kaip įmanoma tiksliau, einant griežtai pagal objekto ribą. Baigus matuoti objektą, yra užpildomi atributiniai duomenys, matavimas išsaugomas, o pats objekto pasikeitimas nufotografuojamas. Grįžus į darbo vietą, matavimas yra eksportuojamas į kompiuterį. Tuomet operatorius, naudodamas ArcGIS programinę įrangą, pagal lauke atliktą matavimą atnaujina objekto ribą, naudodamas „Trace“ įrankį, kuris leidžia apvedžioti išmatuoto objekto ribas. Taip matavimas yra integruojamas į duomenų bazę.

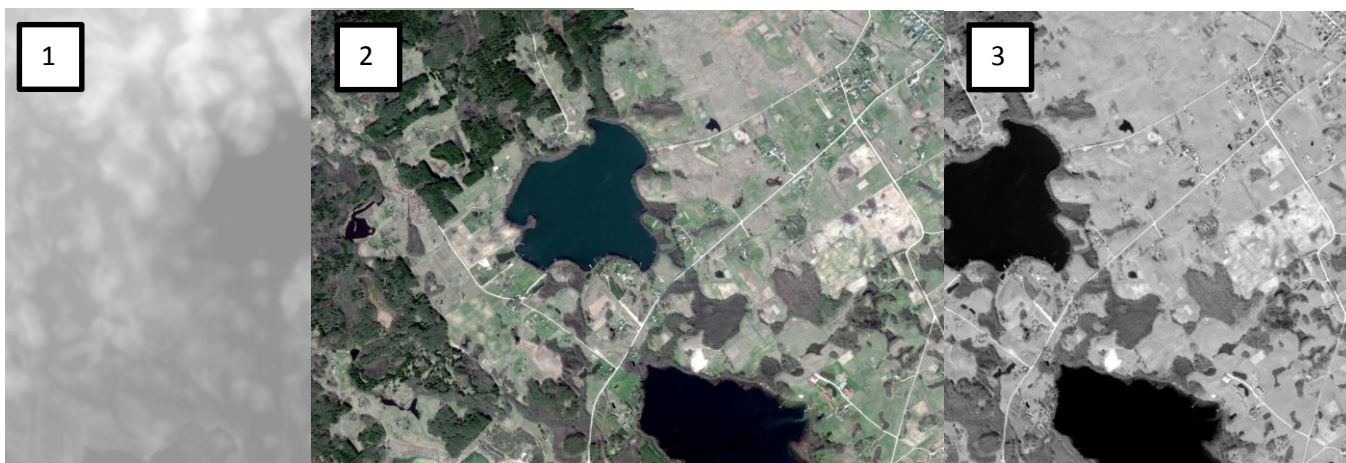
3. DARBO METODOLOGIJA

Šis darbas susideda iš trijų pagrindinių dalių: vizualinis (rankinis) KŽS vektorizavimas iš aukštos raiškos (50 cm) palydovinės nuotraukos, automatinis poligonų suskirstymas pagal nurodytus kontrolinius poligonus arba klasių kieki, naudojant ArcGIS programinę įrangą bei naudojantis sukurta programa, skirta automatiškai sugrupuoti pikselius pagal spalvos kodą iš tos pačios nuotraukos fragmentų.

Palydovinė nuotrauka buvo gauta iš VĮ ŽŪIKVC. Buvo pasirinktas Alytaus rajonas (teritorija tarp Alytaus miesto ir Daugų miestelio), nes tai yra pakankamai įvairus kraštovaizdis, kuriame yra daug skirtingų žemės paviršių (miškai, ežerai, pievos, gyvenvietės ir t.t.). Pradžioje buvo planuota atlikti visų objektų klasifikaciją, tačiau pastebėjus, kad bus labai didelė tyrimo apimtis ir, kad sukurta programa nebus pajėgi susitvarkyti su turimu duomeniu kiekiu, buvo nuspręsta apsistoti ties vandens telkinių klasės analize, kadangi ji labiausiai išsiskiria skaitmeniniame vaizde.

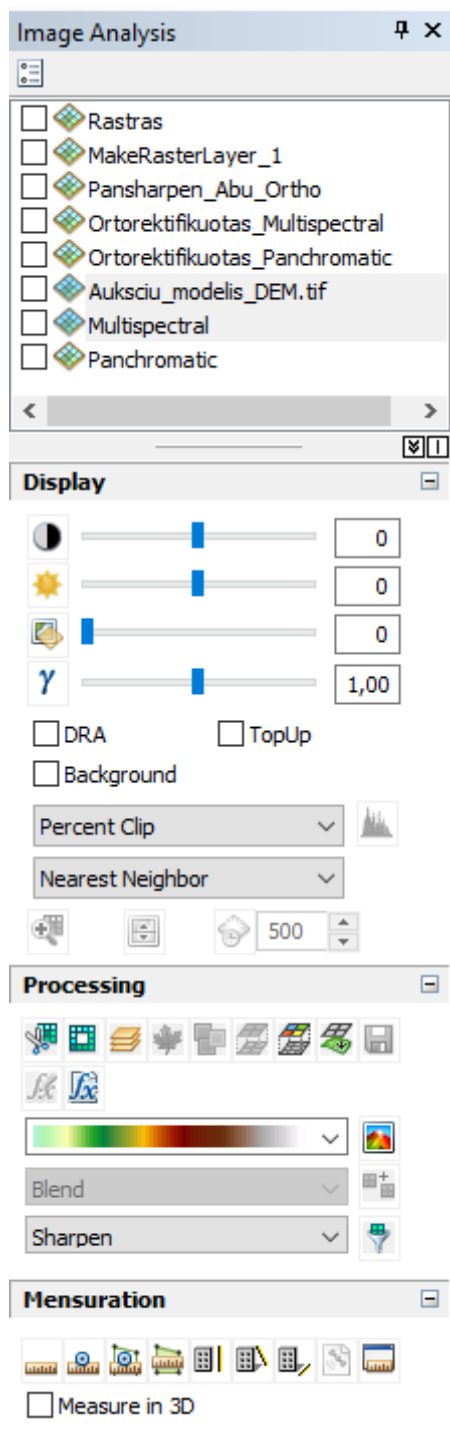
Iš viso buvo gauti šie duomenys (žr. 7 pav.):

1. Skaitmeninis aukščių modelis (DEM – Digital Elevation Model)
2. Panchromatinis vaizdas (n spalvotas)
3. Multispektrinis vaizdas (spalvotas)
4. Vietoje išmatuoti kontroliniai taškai



7 pav. Aukščių modelis (1), Multispektrinis vaizdas (2), Panchromatinis vaizdas (3)

Tiek vizualinis (rankinis) vektorizavimas, tiek automatinis buvo atliktas naudojant ESRI ArcMap 10.3.1 versiją, kuri yra ArcGIS programinio paketo dalis. Ši programinė įranga buvo pasirinkta todėl, kad yra naudojama ŽŪIKVC apdorojant įvairius žemės paviršiaus vaizdus ir todėl, kad studentams yra galimybė naudotis ja nemokamai



8 pav. „Image Analysis” langas ArcGIS programinėje įrangoje

vienus metus. Be to, jos funkcionalumas ko gero yra plačiausias iš visų tokio tipo programinių įrangų.

Prieš pradėdant vizualinį bei automatinį vektorizavimą, pirmas dalykas ką reikėjo pasidaryti tai vaizdo ortorektifikacija. Vaizdo ortorektifikacija pašalina vaizdų iškreipimus dėl reljefo įtakos (Satellite..., 2015). Prieš dirbant su vaizdais ArcCatalog programoje apskaičiuojama statistika („Calculate statistics“ funkcija). Į ArcMap projektą įkeliame panchromatinį, multispektrinį vaizdą bei skaitmeninį aukščių modelį. Dauguma naudojamų funkcijų yra „Image Analysis“ įrankių juostoje (žr 8 pav.), kurią reikia aktyvuoti, nes pagal nutylėjimą ji būna neaktyvi. Prieš atliekant ortorektifikaciją pakeičiame nustatymus, kurie bus naudojami „Pan Sharpen“ ir „Orthorectify“ funkcijoms. „Pan Sharpen“ funkcija sujungia aukštos raiškos panchromatinį su žemesnės raiškos multispektriniu vaizdu, sukurdamas multispektrinį vaizdą su geresne raiška (USGS, 2013). „Pan Sharpen“ metodu pasirenkamas Gram-Schmidt, sensorius – Worldview-2. Orthorectify skiltyje pažymima, kad bus naudojamas Geoidas (*Geoid*) ortorektifikacijai. Taigi, dabar abu vaizdai (panchromatinis ir multispektrinis) yra ortorektifikuojami, naudojant aukščių modelį. Tai atlikus, gauti vaizdai sujungiami atliekant „Pan Sharpen“ funkciją.

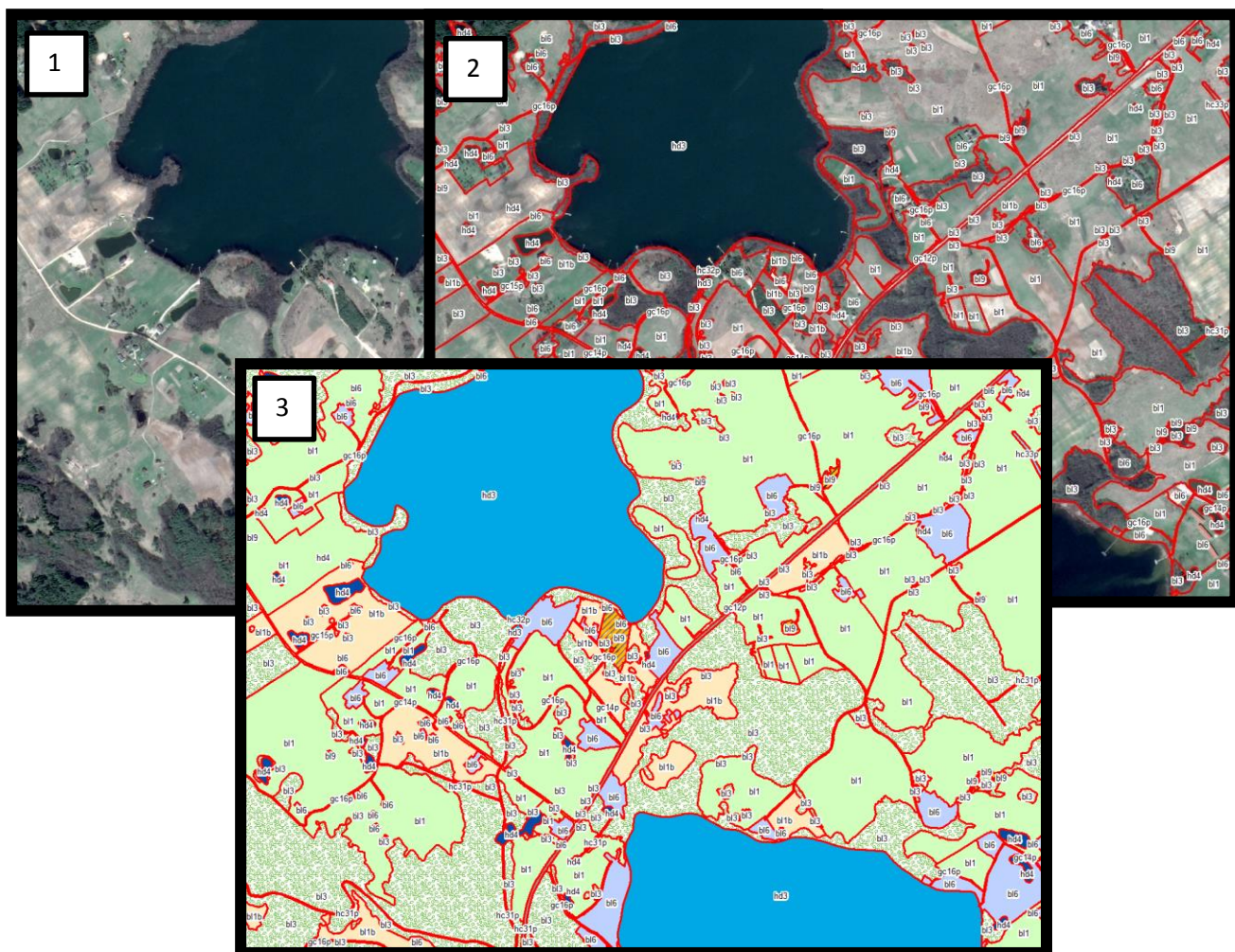
Sekančiame etape vykdomas vaizdo priirišimas. Siekiant pagerinti ortorektifikuotų vaizdų tikslumą, naudojami vietoje išmatuoti kontroliniai

taškai. Ortorektifikuotas vaizdas yra paverčiamas į rastrinį sluoksnį, naudojant „Make Raster Layer“ įrankį. Šis įrankis sukuria laikiną rastro sluoksnį, kuris savyje išsaugos pririšimo informaciją. Aktyvuojama „Georeferencing“ įrankių juosta. Pasirenkama „Add control points“ funkcija – pirmasis taškas dedamas ant ortorektifikuoto vaizdo, antrasis ant kontrolinio taško. Pasirenkamas „Zero Order Polynomial“ transformacijos būdas ir pririšimo informacija, naudojant „Update georeferencing“ funkcija, yra atnaujinama. Po šio veiksmo pakeičiame vaizdo projekciją į LKS-94. Eksportuojame gautą rezultatą į geoduomenų bazę, prieš tai pasirinkę .tif vaizdo formatą. Šis formatas išsaugo visą pradinio vaizdo pikselių informaciją bei yra geresnės kokybės nei pvz. .jpg formatas. Turėdami sutvarkytą rastrinį vaizdą, galime jį įsikelti į naują projektą analizei ir apdorojimui.

3.1 Vizualinis (rankinis) klasifikavimas

Prieš pradėdant vizualinę kraštovaizdžio elementų klasifikaciją, reikia susikurti naują poligoninį sluoksnį, kad būtų galima apibrėžti norimus objektus. Pirmiausia aktyvuojamas redagavimo režimas „Start editing“ iš redagavimo įrankių juostos „Editor“. Įsijungus redagavimo režimui, pasirenkamas „Create features“ langelis, kuris leidžia brėžti poligoną. Atlikus šiuos veiksmus jau galima pradėti vizualinį (rankinį) ribų braižymą. Paprastai ribos interpretuojamos atsižvelgiant į medžių lajas, šešėlius, vandens augaliją ir t.t. Linijiniai objektai, tokie kaip keliai, braižomi naudojantis „offset“ funkcija, kuri leidžia brėžti lygiagrečias linijas, nurodžius atstumą tarp jų. Kiekvienas nubraižytas poligonas turi turėti atributinę informaciją - GKODĄ, tai yra geoobjekto kodas, kuris nurodo kuriai grupei priklauso blokas. Braižoma maždaug ties 1:1000 masteliu ar net stambesniu, kad tiksliai matytųsi objektų ribos.

Pabaigus ribų braižymą, reikia būtinai išsaugoti redagavimą su „Save editing“ funkcija, kitaip redagavimas dings išjungus jo režimą. Paskutinis žingsnis yra suteikti blokams simboliką. Sluoksnio nustatymuose (Properties), pasirenkame pasirinktą spalvą ar tekstūrą (žr. 9 pav.). „Symbology“ kortelėje, kurioje galima nustatyti blokų apipavidalinimą – kiekvieną klasę nuspalvoti. Kaip jau minėta, šiame darbe bus nagrinėjamas tik vandens telkinių klasifikacijų tikslumas, nes jie labiausiai išsiskiria savo spalvų gama visoje nuotraukoje ir juos lengviausia atpažinti, todėl jų ribos turi būti nubraižytos itin kruopščiai.

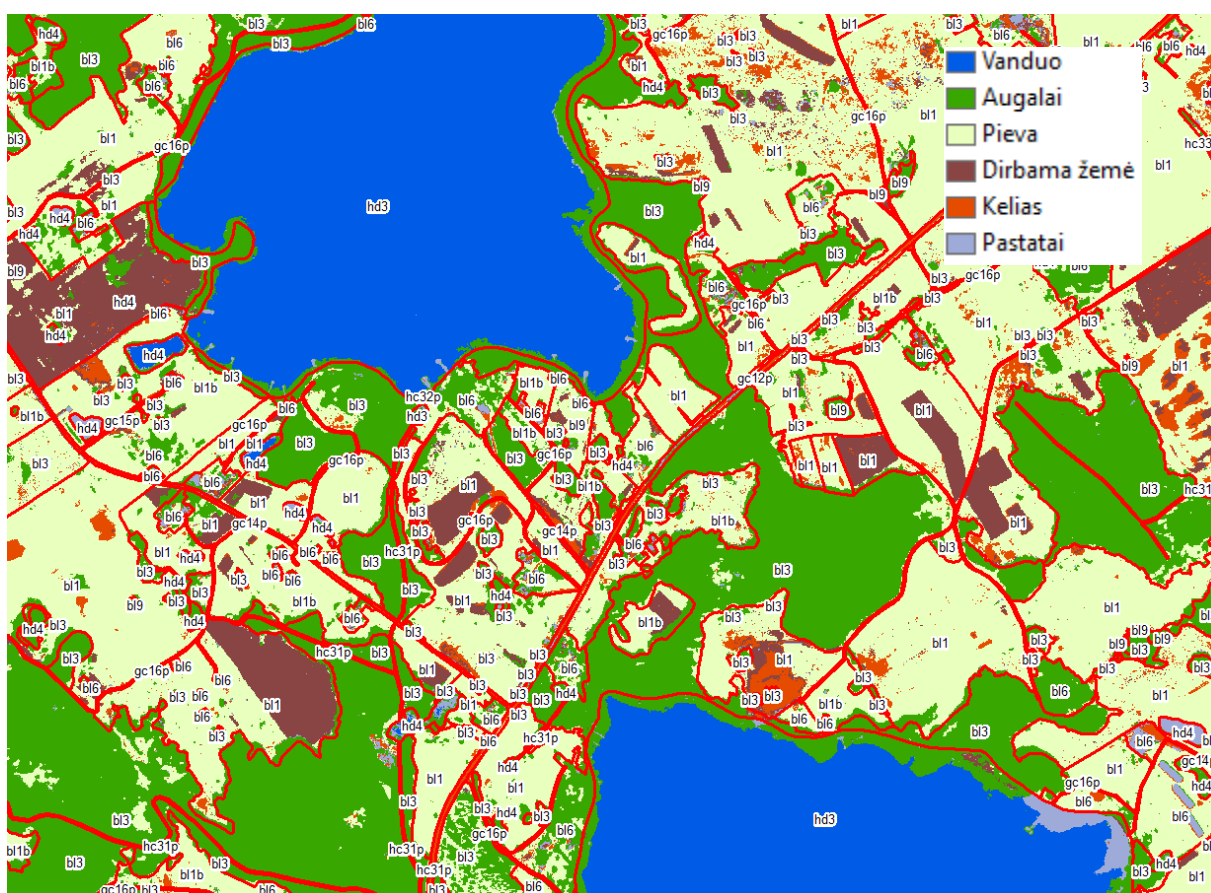


9 pav. Vizualinis kraštovaizdžio elementų išskyrimas ir apipavidalinimas: 1 – neapdorota palydovinė nuotrauka, 2- išvektorizuotos blokų ribos, 3- blokai su pakeista simbolika

3.2 Kontroliuojama klasifikacija

Sekantis etapas yra atlikti automatinę kraštovaizdžio elementų klasifikaciją, naudojant ArcGIS programinę įrangą. Šiame etape bus atliekama nekontroliuojama ir kontroliuojama vaizdo klasifikacija. Tam bus naudojama „Image Classification“ įrankių juosta, kurią pirmiausia reikia suaktyvinti.

Pirmiausia bus atliekama kontroliuojama klasifikacija, tam, kad būtų galima nustatyti klasių kieki, kurį reikės nurodyti sekančiame etape. Pradžioje buvo pasirinktos 6 klasės: vanduo, augalai, pieva, dirbama žemė, kelias ir pastatai, tačiau vėliau apsisota ties viena (vandens telkinių) klase. Kiekvienai iš šių klasių buvo nubraižyta nemažiau nei 15 kontrolinių poligonų (angl. training samples), nes kuo griežčiau apibrėžiamas pikselių intervalas, tuo bus tikslesnis rezultatas. Įsijungus „Training Sample Manager“ galima sujungti, atskirti, spalvinti ir kitaip redaguoti kontrolinius poligonus. Braižymas vyksta pasirinkus „Draw Polygon“ įrankį. Nubraižius šiuos poligonus, pasirenkamas „Interactive Supervised Classification“ įrankis, kuris sugeneruoja pikselių grupes (žr. 10 pav.). Norint, kad jis veiktų, reikia turėti bent dvi klases.



10 pav. Atlikta kontroliuojama (angl. supervised) klasifikacija

Programai suklasifikavus kraštovaizdžio elementus, reikia juos paversti poligonais. Tam naudojama funkcija „Raster to Polygon“, kurią galima rasti ArcGIS „daiktadėžėje“ Toolbox. Iš rastro sugeneravus poligonus, išrenkami dvidešimt vandens telkinių, nes tai yra beveik visi kurie patenka į vaizdo fragmentą, su kuriais bus dirbama.

Geriausia tai padaryti yra per atributinę lentelę – reikia susikurti naują stulpelį (pvz. TINKA (žr. 11 pav.)) ir pažymėjus visus dominančius vandens telkinius, pakeisti atributinės lentelės reikšmę į pvz. TAIP. Tada užsidėjus užklauso parametrus „Definition Query“ išsifiltruoti tik dominančius vandens telkinius. Šiuo atveju TINKA = ‘TAIP’. Dabar žemėlapyje turėtų matytis tik atrinkti vandens telkiniai.

1

OBJECTID*	Shape*	Id	gridcode	Shape Length	Shape Area	TINKA
901	Polygon	901	1	17.894011	19.230565	<Null>
902	Polygon	902	1	1.886473	0.171173	<Null>
903	Polygon	903	1	4468.764909	392324.7941	TAIP

Layer Properties

2

General Source Selection Display Symbology Fields Definition Query

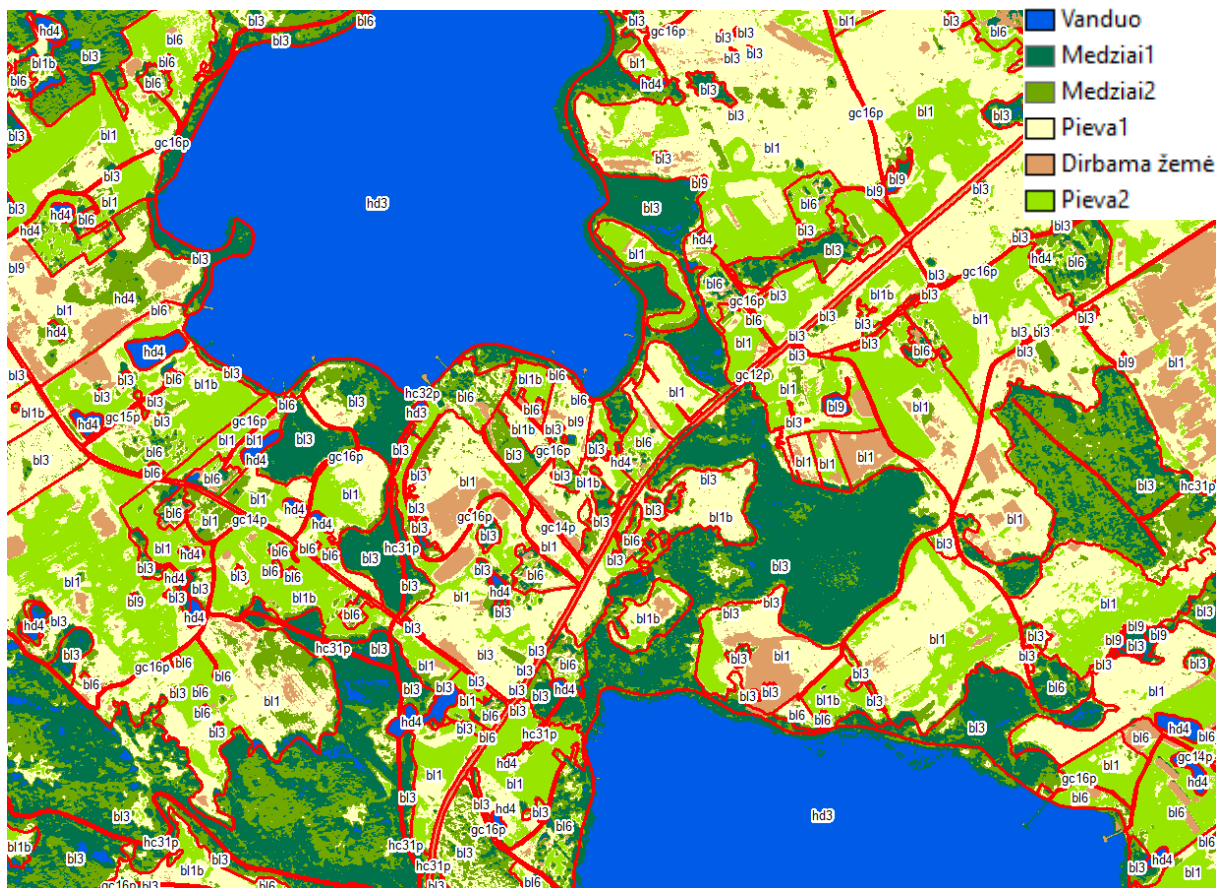
Definition Query:

TINKA = 'TAIP'

11 pav. 1- Atributinė lentelė, 2- sluoksnio užklausa

3.3 Nekontroliuojama klasifikacija

Norint atlikti nekontroliuojamą klasifikaciją, nereikia braižyti kontrolinių poligonų. Vienintelis dalykas ką reikia nurodyti, yra norimų klasių skaičius. Kadangi atlikus kontroliuojamą klasifikaciją paaiškėjo, kad klasių yra šešios, todėl ir atliekant šią klasifikaciją buvo pasirinktos 6 klasės. Ši klasifikacija atliekama „Image Classification“ įrankių juostoje, paspaudus „Iso Cluster Unsupervised Classification“ mygtuką. Sugeneravus poligonus galima pasikeisti klasių spalvas, nes paprastai jos nevisada dera su vaizduojama klase. Gautas rezultatas matomas 12 paveikslėlyje.



12 pav. Atlikta nekontroliuojama (angl. unsupervised) klasifikacija

Kaip ir praeitoje klasifikacijoje, mus domina tik vandens telkiniai, todėl pakartojame identišką procedūrą, siekiant atvaizduoti tik dominančius vandens telkinius. Atributinėje lentelėje sukuriamas naujas stulpelis ir įsijungus redagavimo režimą bei pažymėjus objektus, pakeičiamas atributas. Tada pakeičiama užklausa, pagal kurią sluoksnyje lieka tik tie objektai, kurie turi specialų atributą.

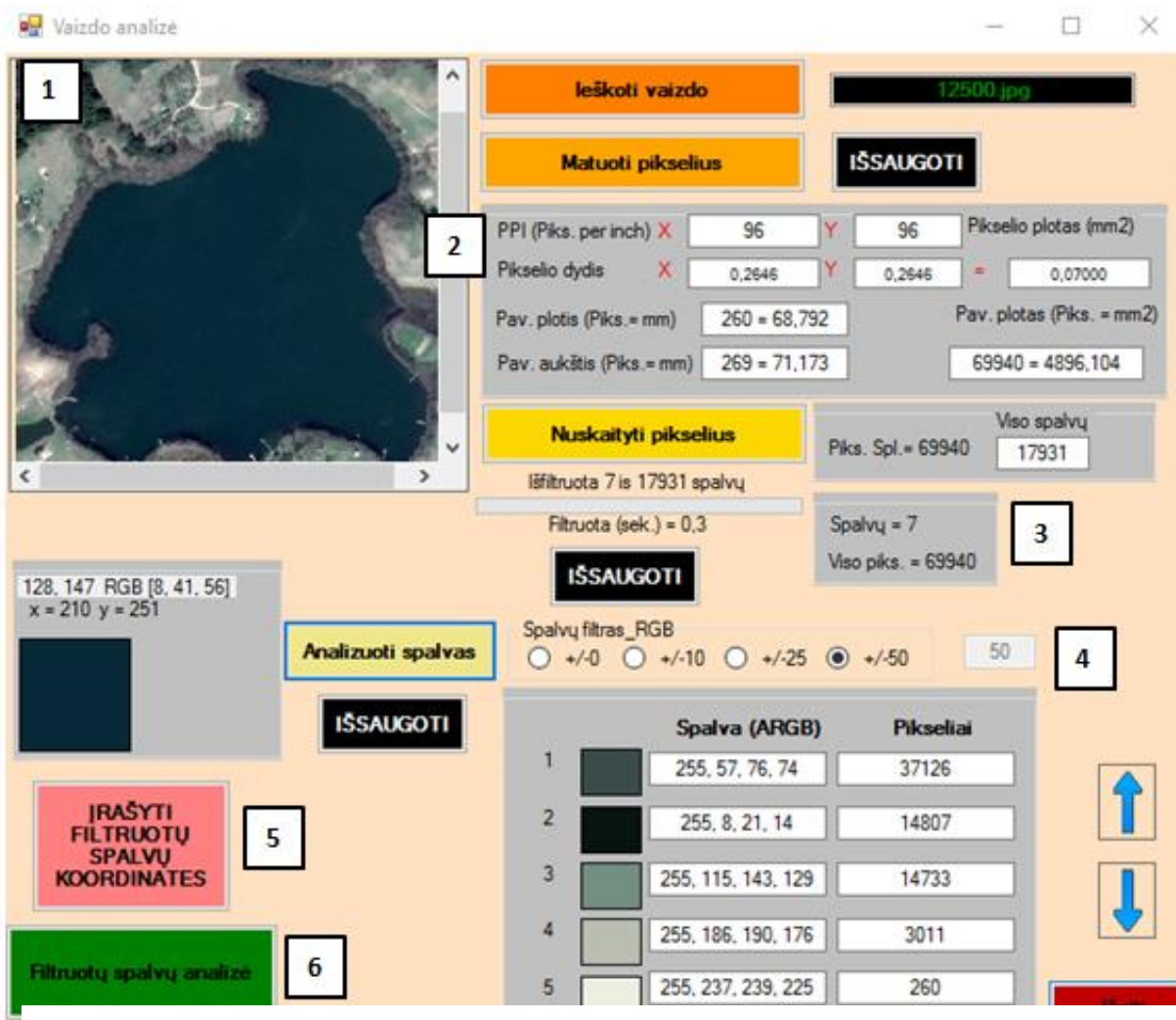
3.4 Klasifikavimas, naudojant sukurtą programą

Sekantis žingsnis būtų suklasifikuoti pasirinktus kraštovaizdžio elementus su sukurta vaizdo analizės aplikacija, kuri buvo sukurta naudojant „Visual Studio 2015“ programinę įrangą. Šios sukurtos programėlės paskirtis yra panaši į ArcGIS klasifikavimo įrankius, tačiau jos funkcionalumas yra žymiai mažesnis, nes tai yra neprofesionali programa.

Programa „moka“ analizuoti įkeltą vaizdo fragmentą, nuskaityti visų pikselių RGB reikšmes bei sugrupuoti (išfiltruoti pikselius) į grupes, kurių skaičius priklauso nuo filtro intervalo bei juos nuspalvinti. Programos paskirtis yra sumažinti rankinio darbo kiekį,

atrenkant panašių spalvų grupes ir jas pavaizduojant, tačiau tyrime aktualiausia yra nustatyti ar jos tikslumas yra pakankamas lyginant su vizualiniu ar automatiniu vektorizavimu, nes laiko atžvilgiu programa dirba gan ilgai, tačiau ištobulinus kodą, šis procesas turėtų pagreitinėti.

Programa gali skaityti įvairius vaizdo formatus, bet šiuo metu ji skaito .tif ir .png formatus, nes jie yra tinkamiausi vaizdo analizei, kadangi išlaiko daugiausiai spalvinės informacijos lyginant su kitais formatais (.jpg, .bmp). Programa yra intuityvaus dizaino (13 pav.).



13 pav. Sukurtos programos pagrindinis langas

Kairėje viršuje (1) yra atvaizduojamas įkeltas paveiksluko fragmentas. Dešinėje – apskaičiuojami vaizdo ir jį sudarančių pikselių parametrai (2). Šiek tiek žemiau (3) atskiras mygtukas suranda kiekvieno pikselio spalvos RGB kodą bei parašo unikalių spalvų skaičių (prieš filtravimą). 4 numeriu pažymėtas spalvų filtras, kuris nustato spalvos grupės intervalą ir apačioje parodo išfiltruotų spalvų parametrus – spalvą, spalvos grupės RGB kodą ir kiek ją sudaro pikselių. Apačioje kairėje (5) yra mygtukas, kuris surašo į tekstinį failą visų filtruotų

spalvų koordinates, tam, kad būtų galima nuspalvinti pikselių grupes, šalia (6) mygtukas leidžia atidaryti naują langą, kuriame yra nuskaitomas koordinačių failas ir atliekama pikselių klasifikacija.

Taigi, pirmiausiai į programą reikia įsikelti tinkamo formato paveiksliuką (šiuo atveju orto arba palydovinės nuotraukos fragmentą), kuriame yra aktualūs tyrimui kraštovaizdžio elementai. Beabejo, prieš įsikeliant reikėtų pasikeisti nuotraukos formatą, jeigu jis skiriasi nuo leistinų. Įsikėlus jį, paveiksliuko pavadinimas yra parašomas programoje. Spaudžiant ant pačio paveiksliuko, po jo langu yra rašomas paspausto pikselio RGB kodas, pikselio koordinatės bei rodoma jo spalva.

Pirmiausiai programa apskaičiuoja paveiksliuko parametrus. Pagrindiniai duomenys apie įkeltą paveiksliuką, kuriuos apskaičiuoja programa, yra šie: pikselių parametrai – plotis, aukštis bei plotas (mm²), jų eilučių ir stulpelių skaičius, suma bei DPI (angl. dots per inch) – matmuo, parodantis kiek taškų patenka į vieną inčo plotą (1 inch = 2.54 cm). Taškas yra panašus į pikselį, skirtumas tas, kad pikselis yra sudarytas iš vienos spalvos, o tašką gali sudaryti kelios spalvos (DSLR Photography Tutorials). Kitaip tariant DPI parodo paveikslėlio rezoliuciją. Daugeliu atveju, kuo didesnis DPI, tuo yra geresnė vaizdo kokybė (žr. 14 pav.). Išmatavus visus parametrus, atsiranda saugojimo mygtukas, kuris išsaugo visą informaciją apie paveikslą į tekstinį .txt failą <Paveikslo_pavadinimas_PavInfo>. Failas išsaugomas toje vietoje, iš kur buvo paimtas vaizdo fragmentas. Išsaugojus failą, aktyvuojasi pikselių nuskaitymo mygtukas.



14 pav. DPI pavyzdys
(www.phunkemedia.com)

Sekančiame etape programa analizuoja visus paveikslėlių sudarančius pikselius. Programa pereina per kiekvieną pikselį ir nustato kiekvieno jų spalvos RGB kodą, pagal kurį vėliau bus galima pikselius filtruoti ir priskirti į grupes. Baigus skaityti pikselius, ekrane rodoma kiek pikselių buvo nuskaityta ir kiek skirtingų spalvų buvo surasta bei aktyvuojasi duomenų išsaugojimo mygtukas, kuris išsaugo visus išanalizuotų pikselių RGB kodus bei koordinates į tekstinį .txt failą <Paveikslo_pavadinimas_xy_RGB>. Išsaugojus duomenis, aktyvuojasi spalvų analizės mygtukas.

Dabar turint visų spalvų RGB kodus ir koordinates, galima pradėti jas skirstyti į spalvų grupes. Tam tikslui programa turi spalvų filtrą. Spalvų filtro funkcija yra surasti visus pikselius, kurių RGB kodas patenka į nustatytą intervalą ir juos sugrupuoti išvedus jų spalvų vidurkį.

Spalvų filtras turi 4 opcijas :

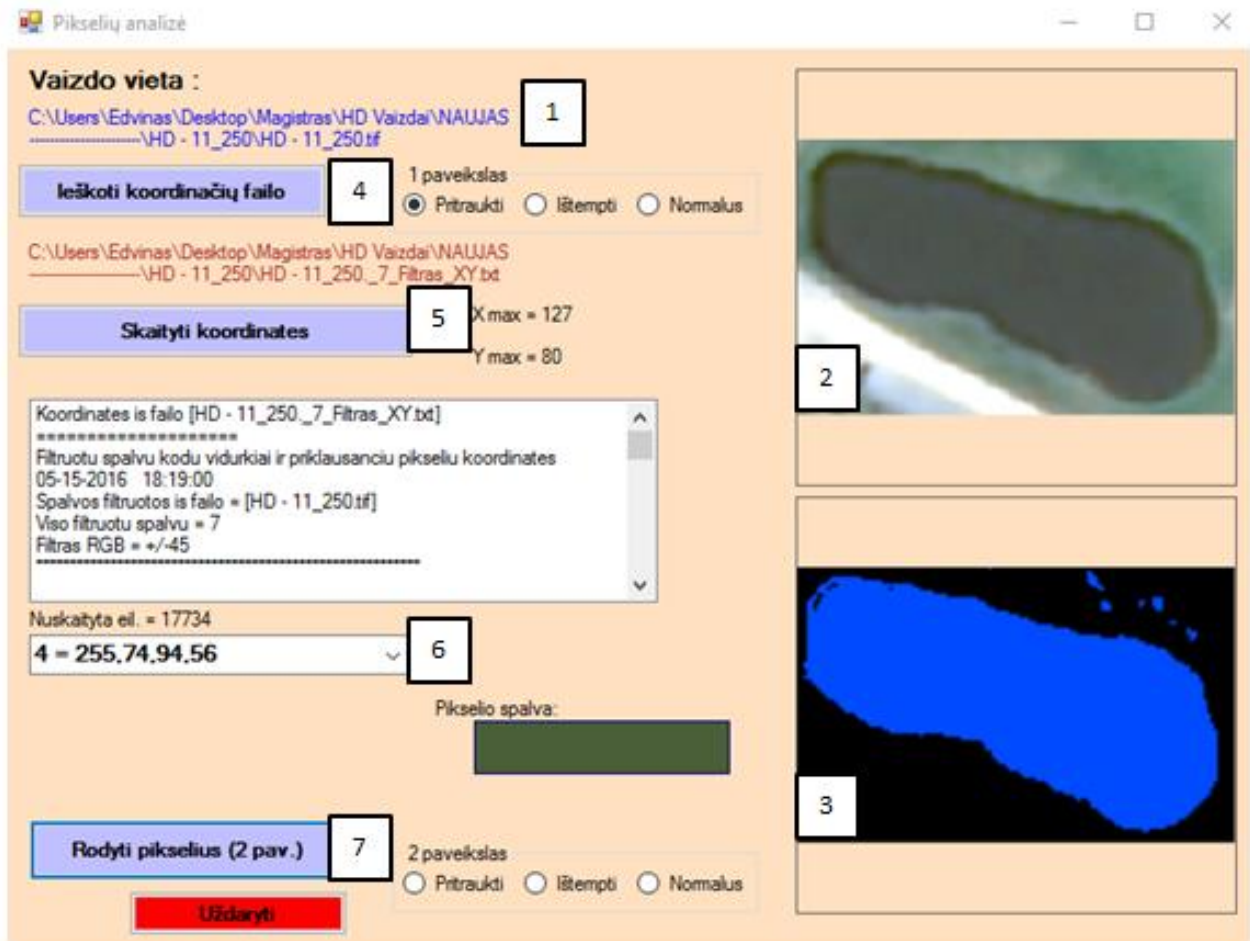
1. +/-35
2. +/-40
3. +/-45
4. +/-50

Šioje vietoje atsiskleidžia programos trūkumai. Analizuojant kiekvieną nuotraukos fragmentą, jame skirtingi vandens telkiniai yra skirtingų atspalvių, vieni ryškiai mėlyni, kiti žalsvi, nedaug skirasi nuo aplinkinių pievų, todėl vienodas filtras visoms nuotraukoms netinka. Jei nei vienas iš siūlomų filtrų netinka, tai norint pakeist filtro ribas, reikia keisti kodą, kas yra labai nepatogu, be to reikia spėlioti, kokios filtro ribos tiks konkrečiai nuotraukai, kad kuo tiksliau atrinktų reikiamus pikselius.

Pasirinkus vieną iš 4 opciją, nustatomas koks skirtumas tarp spalvų kodų yra leistinas, kitaip tariant, filtras prie kiekvieno pikselio RGB kodo reikšmės prideda ir atima po nustatytą skaičių ir taip yra gaunami intervalai (pvz. R:221 +- 35 = [186-256], G:65 +-35 = [30-100], B:173 +-35 = [138-208]). Taip išfiltruojami visi spalvos RGB kanalai. Gavus filtro intervalus, visos patenkančios spalvos yra sugrupuojamos ir iš jų pradinės spalvos reikšmių yra išvedamas vidurkis, kuris ir atspindės grupės spalvą ir jos kodą. Filtravimui pasibaigus, atsiranda išsaugojimo mygtukas, kuris išsaugo visas nefiltruotas spalvas bei filtruotų spalvų grupes kartu su jų parametrais: koordinatėmis, spalvos kodu ir pikselių skaičiumi. Visų filtruotų ir nefiltruotų spalvų pikselių parametrai išsaugomi <Paveikslo_pavadinimas_FVspalvos> tekstiniame faile. Paskutinis žingsnis yra sukurti tik filtruotų spalvų tekstinį failą (žr. 13 pav. 5 nr.) su koordinatėmis, iš kurio informacijos bus spalvinami pikseliai. Šis procesas yra neoptimizuotas, todėl šioje vietoje programa ganėtinai ilgai failą generuoja. Koordinatės sugeneruojamos <Paveikslo pavadinimas>_<Filtruotų spalvų skaičius>_Filtruotų_XY tekstiniame faile. Taigi, turint filtruotų spalvų grupes su koordinatėmis galima pereiti (žr. 13 pav. 6 nr.) prie filtruotų spalvų grupių analizės lango (žr. 14 pav.)

Atidarytame lange pačiame viršuje yra rašomas pilnas vaizdo adresas kompiuteryje ir jo formatas (žr. 15 pav. 1 nr.). Šone matomi dviems paveikslams skirti langai: pirmame yra įkeltas vaizdas (žr. 15 pav. 2 nr.), antrajame (žr. 15 pav. 3 nr.) bus pavaizduoti išrinkti pikseliai pagal filtruotas spalvas. Abu paveikslai turi pritraukimo, ištempimo bei normalaus dydžio rodymo funkcijas.

Pirmiausiai reikia surasti koordinatinių failų (žr. 15 pav. 4 nr.), iš kurio bus paimtos filtruotų pikselių grupės su koordinatėmis. Failas turėtų būti toje pačioje vietoje, kur ir analizuojamas vaizdas.



15 pav. Išfiltruotų spalvų analizės programėlės langas

Paieškos langelyje nurodome koordinacių tekstinį failą <Paveikslo pavadinimas>_<Filtruotų spalvų skaičius>_Filtras_XY.txt. Suradę koordinacių failą spaudžiame „Skaityti koordinates“ (žr. 15 pav. 5 nr.). Ši funkcija nuskaity visą koordinacių failą ir žemiau esančiose eilutėse (žr. 15 pav. 6 nr.) galima pasirinkti pikselių grupę, kurią bus norimą nuspalvinti. Paskutiniame etape programa išrenka pažymėtų pikselių grupę ir 2 paveiksle visus pikselius, esančius grupėje, nuspalvina mėlyna spalva, o fonas lieka juodas. Esant reikalui, tiek fono, tiek pikselių spalvą galima keisti.

Taigi, dabar žinant, kuri filtruotų spalvų grupė reprezentuoja mums rūpimą objektą, kiek pikselių sudaro tą grupę bei koks yra vaizdo fragment mastelis, galima apskaičiuoti jo realų dydį, kad būtų galima rezultatus palyginti su kitomis klasifikacijomis.

Skaičiavimai atliekami pasitelkiant (žr. 16 pav.) formulę. Kur :

M – mastelis

a – objekto plotas paveiksle (mm²)

A – tikrasis plotas

$$\frac{1}{M^2} = \frac{a}{A}$$

16 pav. Tikrojo objekto dydžio apskaičiavimo formulė

Gautieji rezultatai yra paverčiami arais, kad būtų patogiau lyginti, nes gaunasi mažesnės reikšmės nei pavyzdžiui m^2 . Objekto plotas gaunamas sudauginus spalvos grupę sudarančių pikselių skaičių (kuris parašytas tekstiniame faile) su vieno pikselio plotu. Kartais nutinka, kad netinkamai parinkus filtrą, į filtruotų spalvų grupę patenka ir pavieniai pikseliai arba jų mažos grupės, kurie akivaizdžiai nėra vandens telkinio dalis. Tokiu atveju reikia naudoti „Magic Stick“ įrankį, kuris randamas bet kurioje vaizdo apdorojimo programoje, pvz. Adobe Photoshop arba Paint.net. Paprastai tariant šis įrankis, įrašius tam tikrą tolerancijos ribą, parodo kiek pikselių yra atsiskyrę nuo pagrindinės masės. Tokių pikselių skaičių reikia atimti iš bendro pikselių skaičiaus, kuris būna parašytas faile, kad būtų galima kuo tiksliau apskaičiuoti klasifikacijos sugeneruotą vandens telkinio plotą.

4. VANDENS TELKINIŲ IŠSKYRIMO REZULTATŲ ANALIZĖ IR TIKSLUMO VERTINIMAS

Remiantis parašyta metodika, buvo atlikti 4 skirtingi klasifikacijų tipai: vizualinis (rankinis), kontroliuojama ir nekontroliuojama klasifikacijos bei su naudojantis sukurta programa. Tyrimui buvo paimti 20 skirtingų vandens telkinių ir jų suklasifikuotas pikselių plotas lyginamas tarpusavyje. Tiksliausia klasifikacija laikomas vizualinis būdas, kadangi lauko matavimų fiziškai atlikti nebuvo galimybių. Gautieji plotai buvo paversti į arus ir rezultatai pavaizduoti 1 lentelėje.

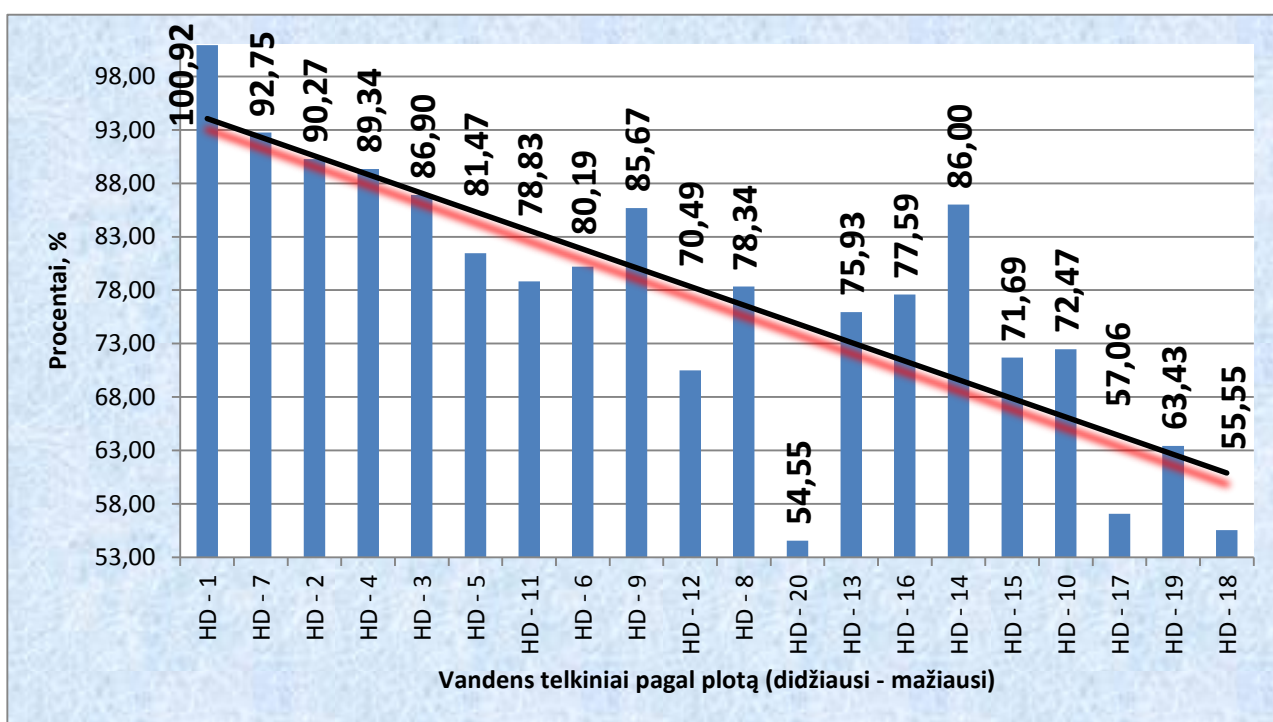
1 lentelė. Visais klasifikacijos būdais segeneruotų poligonų plotų lentelė

	Plotas (arais)							
	Rankinis būdas	%	Kontroliuojama kl.	%	Nekontroliuojama kl.	%	Programa	%
HD - 1	3887.30	100	3923.25	100.9	3896.31	100.2	3883.66	99.9
HD - 2	36.44	100	32.90	90.3	32.44	89.0	35.18	96.5
HD - 3	31.53	100	27.40	86.9	28.18	89.4	29.33	93.0
HD - 4	31.90	100	28.50	89.3	27.81	87.2	31.62	99.1
HD - 5	29.94	100	24.39	81.5	24.47	81.7	29.1	97.2
HD - 6	20.68	100	16.58	80.2	16.75	81.0	20.01	96.8
HD - 7	153.10	100	142.01	92.8	141.45	92.4	144.4	94.3
HD - 8	13.50	100	10.58	78.3	10.67	79.0	12.95	95.9
HD - 9	15.67	100	13.42	85.7	12.95	82.7	13.53	86.3
HD - 10	4.59	100	3.33	72.5	3.21	69.9	4.21	91.7
HD - 11	21.20	100	16.71	78.8	16.14	76.1	20.81	98.1
HD - 12	15.74	100	11.09	70.5	11.13	70.7	15.57	98.9
HD - 13	11.51	100	8.74	75.9	6.02	52.3	11.27	97.9
HD - 14	7.29	100	6.27	86.0	6.09	83.5	8.13	111.5
HD - 15	6.77	100	4.85	71.7	4.95	73.2	6.18	91.3
HD - 16	8.31	100	6.45	77.6	6.43	77.4	7.91	95.2
HD - 17	4.83	100	2.76	57.1	2.85	59.0	3.98	82.4
HD - 18	4.07	100	2.26	55.6	2.37	58.3	3.93	96.6
HD - 19	3.67	100	2.33	63.4	2.31	62.9	2.89	78.8
HD - 20	16.46	100	8.98	54.6	8.21	49.9	16.28	98.9

Kaip matoma iš lentelės duomenų (žr. 1 lent.), imtį sudaro vienas didesnis ežeras, o likusieji yra mažesni tvenkiniai, kūdros, balos. Didžiausio ranka braižyto vandens telkinio plotas yra 3887,3 arai, o mažiausio tvenkinio – 3,67 arai.

4.1 Automatinės klasifikacijos rezultatai ir tikslumo vertinimas

Lyginant rankinio būdo rezultatus su kontroliuojamos klasifikacijos yra matoma, kad tik vienas iš 20 objektų (vienintelis ežeras) viršijo ranka braižytą plotą (automatiškai sugeneruotas plotas sudarė 100,9% ranka brėžto ploto), identiška tokia situacija pasikartojo ir atlikus nekontroliuojamą klasifikaciją (100,2%). Iš to galima daryti išvadą, kad šios klasifikacijos buvo labai tikslios nustatant didžiausio ploto ežero ribas. Visi kiti likę vandens telkiniai buvo mažesnio ploto lyginant su ranka braižytais poligonais. Plotai siekė nuo 92,8% iki tik 54,6%. Tendencijos matomos 17 paveiksle.



17 pav. Kontroliuojamos klasifikacijos objektų ploto ryšys nuo ranka braižytų plotų

Tokią tendenciją galima paaiškinti tuo, kad žmogus kranto ribas interpretuoja su šlaitu ir tvenkiniai dažnai tą šlaitą turi, o kompiuteris objektus interpretuoja pagal pikselių spalvas, todėl atrenka tik gryno vandens paviršio plotą, šlaitą priskirdamas jau kitai spalvinei grupei.

Pačios mažiausios reikšmės (<65%) gavosi dėl netolygios spalvos vandens paviršių, kurias lemia tokie faktoriai kaip žolinė augalija, seklumos, atspindžiai ir panašiai. Pats mažiausias tikslumas gautas analizuojant HD – 20 tvenkinį, automatiškai sugeneruotas plotas siekė tik 54,6% ranka braižyto ploto. Pabandžius paanalizuoti priežastis, paaiškėjo, kad ši vietą yra laikinas įmirkęs plotas, kuris dažniausiai būna prisipildęs vandens, išskyrus

sausringus šiltojo metų laikotarpio periodus, kuomet jis būna gerokai nusausejusias. Tai yra svarbu, nes norint automatiškai sugeneruoti blokus, tokių klaidų (nepastovių telkinių) išvengti nepavyks, kadangi kompiuteris tokių „laikinių“ įmirkusių plotų išfiltruoti negali, tam reikalinga atlikti kontrolę (t.y. palyginti tą pačią teritoriją stebint skirtingų laikotarpių vaizdus). Bendrai pažiūrėjus į lentelės trendo liniją (žr. 17 pav.), galima teigti, kad

2 lentelė. Kontroliuojamos ir nekontroliuojamos klasifikacijos objektų ploto ryšys nuo ranka braižytų plotų (%)

Telkinio Nr.	Procentai	
	Kontr.	Nekontr.
HD - 1	100.9	100.2
HD - 2	90.3	89.0
HD - 3	86.9	89.4
HD - 4	89.3	87.2
HD - 5	81.5	81.7
HD - 6	80.2	81.0
HD - 7	92.8	92.4
HD - 8	78.3	79.0
HD - 9	85.7	82.7
HD - 10	72.5	69.9
HD - 11	78.8	76.1
HD - 12	70.5	70.7
HD - 13	75.9	52.3
HD - 14	86.0	83.5
HD - 15	71.7	73.2
HD - 16	77.6	77.4
HD - 17	57.1	59.0
HD - 18	55.6	58.3
HD - 19	63.4	62.9
HD - 20	54.6	49.9

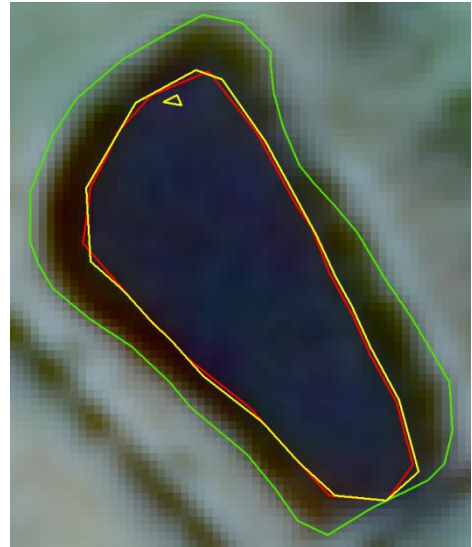
kontroliuojamos klasifikacijos plotas yra tuo artimesnis ranka braižytam plotui, kuo yra didesnis nagrinėjamas vandens telkinys. Tai galima sieti su tuo, kad didesnių vandens telkinių plotą sudaro daugiau panašių spalvų pikselių, paviršius yra homogeniškesnis, tuo tarpu mažesnių telkinių paviršių sudarančių pikselių spalvų intervalas yra platesnis, todėl į filtruotos spalvos grupės intervalą patenka ne visi paviršių sudarantys pikseliai.

Nekontroliuojamos klasifikacijos rezultatai (automatiškai sugeneruotų plotų reikšmės) yra artimos kontroliuojamai. Tuo galima įsitikinti ir pasižiūrėjus į lentelę kairėje (žr. 2 lent.), kurioje pavaizduota kaip skiriasi sugeneruotų objektų plotas tarp abiejų automatiškos klasifikacijų. Galima teigti, kad abi klasifikacijos išskiria pakankamai panašaus ploto poligonus. Daugeliu atveju skirtumas tarp klasifikacijų tesudarė kelis procentus ar mažiau. Didžiausias skirtumas matomas HD – 13 objekte, kur dėl anksčiau paminėtų priežasčių susidarė tokie ekstremalūs skirtumai. Atidžiau pasižiūrėjus į vandens telkinių plotus ir klasifikacijų rezultatus, galima pastebėti, kad pirmieji septyni objektai nuo HD – 1 iki HD – 7, kurių plotas yra sąlyginai didesnis nei kitų likusių telkinių, yra tiksliau sugeneruojami automatiškai nei mažesnio ploto imties nariai. Grafiškai kai kurie vandens telkiniai pavaizduoti 18 ir 19 paveiksluose.

Pirmajame paveikslėlyje (žr. 18 pav.) matomas HD – 3 vandens telkinys, kurio plotas (žalia linija) yra 31,53 aro (apibrėžus ribą rankiniu būdu). Raudona (kontroliuojamos klasifikacijos) ir geltona (nekontroliuojamos klasifikacijos)



18 pav. HD – 3 vandens telkinio ribos nubrėžtos rankiniu (žalia linija) ir automatiniais būdais (raudona – kontrol., geltona – nekontr.)



19 pav. HD – 17 vandens telkinio ribos nubrėžtos rankiniu (žalia linija) ir automatiniais būdais (raudona – kontrol., geltona – nekontr.)

linijos yra automatiškai sugeneruotos ArcGIS programos. Jos sudaro atitinkamai 27,4 ir 28,18 arų – tai yra 86,9% ir 89,4% rankinio ploto. Pažvelgus į ribas matoma, jog tarpusavyje automatinės klasifikacijos yra beveik identiškos su nežymiais skirtumais, o nuo rankinės ribos skiriasi apie 10%. Taip yra todėl, kad operatorius prie vandens telkinio ribos priskiria ir nedidelį šlaitą aplink jį. To automatinis būdas padaryti negali, nebent būtų įvestos specialios pataisos arba būtų praplėstas pikselių spalvų intervalas, ko pasekoje sumažėtų klasifikacijos tikslumas, nes neišvengiamai būtų įtraukti pikseliai, žymintys aplinkinius kraštovaizdžio elementus pvz. pievą.

Antrajame paveikslėlyje (žr. 19 pav.) matomas vienas iš mažesnių tvenkinių, jo plotas yra 4.83 aro. Čia iškarto matomas žymiai didesnis skirtumas tarp rankinio ir automatinio klasifikacijų. Automatinės klasifikacijos išbrėžtų poligonų plotai tesudaro atitinkamai 57,1 ir 59% ranka išbrėžto ploto, kas yra net 30% didesnis skirtumas lyginant su HD – 3 plotu. Pažvelgus į abu paveikslus, matoma, kad pirmajame krantas yra žymiai švaresnis lyginant su antruoju, kuriame matosi kitokios spalvų gamos objektai, galbūt vandens augalija arba krūmais apaugęs šlaitas. Kas liečia abi automatines klasifikacijas, tai vėlgi, jos yra labai panašios tarpusavyje, skirtumas tarp jų plotų tesiekia nepilnus 2%.

Taigi, apibendrinus visas su ArcGIS atliktų dviejų automatinių klasifikacijų plotų procentines reikšmes, lyginant su rankiniu būdu, gavosi tokie rezultatai (žr. 3 lent.).

3 lentelė. Automatinių klasifikacijų tikslumas lyginant su rankiniu

	Kontrol. Kl.	Nekonstr. Kl.
	%	%
Bendras tikslumas	77.5	75.8
10 didžiausių telkinių tikslumas	85.7	85.0
10 mažiausių telkinių tikslumas	69.3	66.5

Bendrasis kontroliuojamos klasifikacijos tikslumas siekė 77,5%, tačiau padalinus vandens telkinių imtį į dvi dalis: 10 didžiausių ir 10 mažiausių telkinių, rezultatai yra kiek kitokie. Dešimties didžiausių telkinių tikslumas siekė 85,7%, tuo tarpu mažiausių tik – 69,3%. Tai yra net 16,4% skirtumas.

Nekontroliuojama klasifikacija buvo šiek tiek mažiau tiksli. Bendras tikslumas siekė 75,8%, tai yra 1,7% mažiau nei kontroliuojama. Dešimties didžiausių vandens telkinių klasifikacijos tikslumas siekė 85%, o 10 mažiausiųjų – 66,5%, atitinkamai 2,7% ir 2,8% mažiau už pirmąją klasifikaciją. Taigi, galima daryti išvadą, kad kontroliuojama klasifikacija yra šiek tiek tikslesnė nei nekontroliuojama, bet tuo pačiu reikalauja ir daugiau pastangų bei laiko nei nekontroliuojama, todėl galima teigti, kad našumo atžvilgiu jos yra labai panašios.

4.2 Sukurtos programos rezultatai ir tikslumo vertinimas

Su sukurtos programos pagalba sugeneruoti poligonai pasižymėjo žymiai tikslesniais rezultatais nei ArcGIS automatinės klasifikacijos. Kaip matoma iš 4 lentelės, didžioji dalis (12 iš 20) poligonų viršijo 95% tikslumo ribą, ir net 16 iš 20 viršijo 90% ribą. Tik 4 vandens telkiniai pasižymėjo mažiau tiksliais reikšmėmis. HD – 14 buvo vienintelis poligonas, kuris pakankamai smarkiai viršijo normą. Jo reikšmė siekė net 111,5%, lyginant su ranka nubraižyto vandens telkinio plotu. Kodėl taip atsitiko, sunku pasakyti, nes skaičiavimas buvo patikrintas kelis kartus vistiek gaunant esamą reikšmę. Galima daryti prielaidą, kad vandens telkinio pakrančių pikselių spalvą įėjo į telkinio spalvų intervalą, todėl plotas gavosi kiek platesnis nei braižant ranka. HD – 19 pasižymėjo mažiausiu tikslumu, jo reikšmė siekė 78,8%, bet lyginant su kitomis automatizuotomis klasifikacijomis, tai vistiek yra daugiau nei 15% didesnis tikslumas.

4 lentelė. Automatinių klasifikacijų tikslumas lyginant su rankiniu

	Plotas (arais)			
	Rankinis būdas	%	Programa	%
HD - 1	3887.30	100	3883.66	99.9
HD - 2	36.44	100	35.18	96.5
HD - 3	31.53	100	29.33	93.0
HD - 4	31.90	100	31.62	99.1
HD - 5	29.94	100	29.1	97.2
HD - 6	20.68	100	20.01	96.8
HD - 7	153.10	100	144.4	94.3
HD - 8	13.50	100	12.95	95.9
HD - 9	15.67	100	13.53	86.3
HD - 10	4.59	100	4.21	91.7
HD - 11	21.20	100	20.81	98.1
HD - 12	15.74	100	15.57	98.9
HD - 13	11.51	100	11.27	97.9
HD - 14	7.29	100	8.13	111.5
HD - 15	6.77	100	6.18	91.3
HD - 16	8.31	100	7.91	95.2
HD - 17	4.83	100	3.98	82.4
HD - 18	4.07	100	3.93	96.6
HD - 19	3.67	100	2.89	78.8
HD - 20	16.46	100	16.28	98.9

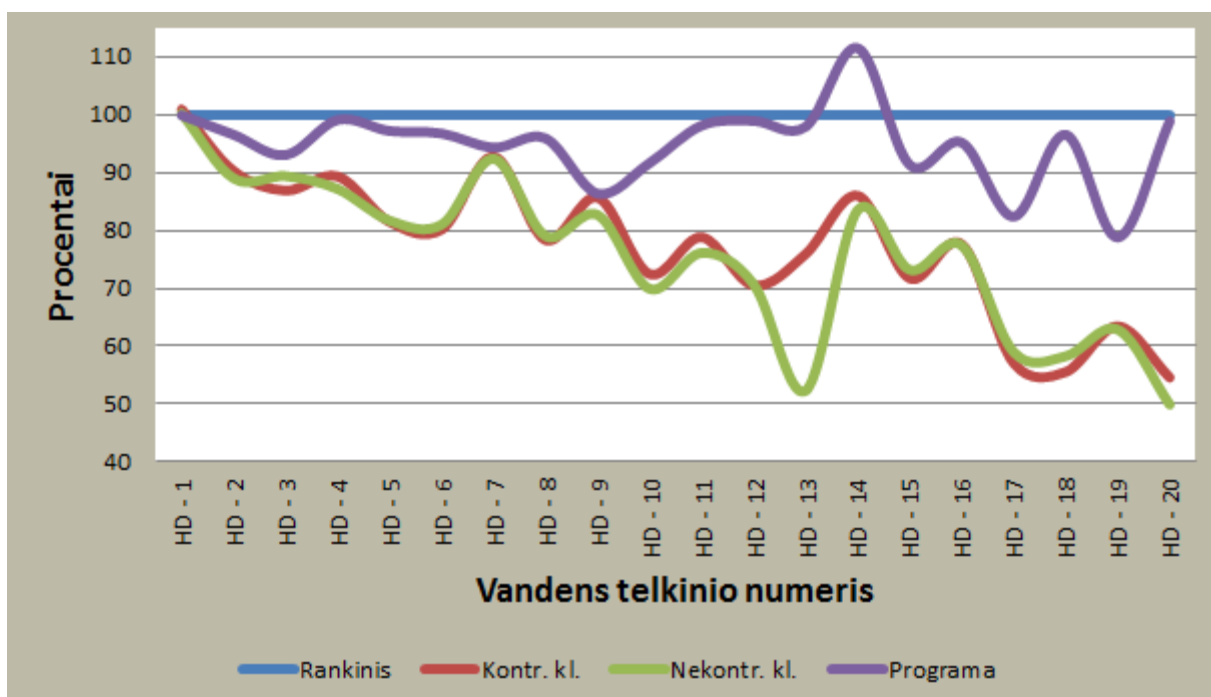
5 lentelė. Automatinių klasifikacijų bendrasis tikslumas lyginant su rankiniu

	Kontrol. Kl.	Nekontr. Kl.	Programa
	%	%	%
Bendras tikslumas	77.5	75.8	95.0
10 didžiausių telkinių tikslumas	85.7	85.0	96.0
10 mažiausių telkinių tikslumas	69.3	66.5	94.0

Pažvelgus į rezultatus atidžiau, matoma, kad skirtingai nei pastarosiose klasifikacijose, šioje nebūtų galima daryti išvados, kad didesni vandens telkiniai yra tiksliau išbraižomi už mažesnius. Plotų tikslumo duomenys yra įvairūs ir koreliacijos su realiu telkinio plotu čia nėra. Tuo įsitikinti galima pažiūrėjus į 5 lentelę.

Matoma, kad tiek 10 didžiausių, tiek 10 mažiausių vandens telkinių pasižymėjo gana aukštomis tikslumo reikšmėmis ($\geq 94\%$). Skirtumas tarp jų yra tik 2%, atitinkamai 96% ir 94%. Bendrasis tikslumas siekia net 95% ir tai yra net 17,5% tiksliau nei kontroliuojamosios klasifikacijos bendrasis tikslumas ir 19,2% tiksliau už nekontroliuojamąją klasifikaciją.

Toliau yra matomas grafikas (žr. 20 pav.), kuriame pavaizduotas visų 3 automatinių klasifikacijų rezultatų tikslumas. Palyginus programos rezultatus su automatinėmis klasifikacijos matoma, jog tik 3 vandens telkinių tikslumas buvo labai



20 pav. Automatinių klasifikacijų tikslumas lyginant su rankiniu

panašus: HD – 1 (1% didžiausias skirtumas), HD – 7 (1,9% didžiausias skirtumas) bei HD – 9 (3,6% didžiausias skirtumas). Didžiausi tikslumo skirtumai užfiksuoti telkiniuose HD – 13 (45,6% didžiausias skirtumas), HD – 18 (41% didžiausias skirtumas) bei HD – 20 (49% didžiausias skirtumas).

Taigi, išanalizavus gautus rezultatus, aiškiai matoma, kad programa pateisino savo lūkesčius tikslumo prasme. Ji tiksliausiai iš visų automatinių klasifikacijų nustatė vandens telkinių plotus. Tikslumo analizė parodė, kad skirtumai tarp programos ir automatinių klasifikacijų sugeneruotų plotų siekė dviženklus skaičius (%) sukurtos programos naudai. Beabejo, programa nėra iki galo išvystyta, todėl ji yra pati lėčiausia iš visų metodų apdorojant vaizdą ir laiko prasme ji smarkiai atsilieka nuo kitų būdų. Labai daug laiko užima tinkamo filtro intervalo parinkimas ir filtruotų spalvų koordinacių surašymas į atskirą failą. Taip pat, norint teisingai suskaičiuoti tikrąjį plotą reikia atkreipti dėmesį į vaizdo fragmento mastelį. Programos darbo laiką labai įtakoja vaizdo DPI. Kuo daugiau DPI, tuo programa ilgiau generuoja pikselių spalvas. Veikimo laikas, apdorojant 10 ir 15 DPI paveiksluką skiriasi beveik dvigubai, todėl šiuo metu programa labiau skirta darbui su žemos rezoliucijos vaizdais. Kitas limituojantis veiksnys yra tai, kad programa vienu metu gali išskirti tik vieną pagal filtruotų spalvų grupę pasirinktą elementą, ko pasekoje tyrimas apsistojo ties vienu kraštovaizdžio elementu. Šios rekomendacijos turėtų padėti tobulinti programą tolesniems tyrimams:

1. Įtraukti automatinę objektų ploto apskaičiavimo funkciją.
2. Optimizuoti programą taip, kad ji vertintų tik tuos pikselius, kurie siejasi su ta pačia filtruotų spalvų grupe, taip ignoruojant pavienius išsibarsčiusius pikselius.
3. Kadangi šiuo metu lėčiausiai dirbanti programinio kodo dalis yra spalvų filtravimas, todėl tikslinga šią dalį optimizuoti, siekiant pagreitinti programos darbą ir leisti jai apdoroti didesnės raiškos vaizdus.
4. Tikslinga integruoti į programą filtro intervalo nustatymo funkciją (pvz. Slenkančia juosta).
5. Esama programos versija šiuo metu dirba tik su 1 filtruotų spalvų grupe, todėl yra tikslinga patobulinti programą, kad būtų galima analizuoti iškart kelis skirtingus elementus.
6. Jei ši metodika bus toliau tobulinama, tada tikslinga perrašyti programinį kodą pažangesne ir lankstesne programine kalba (pvz. Python, Java ar pan.).

IŠVADOS

1. Tiek kontroliuojama, tiek nekontroliuojama klasifikacijos pasižymėjo labai panašiais kokybės rodikliais lyginant su ranka braižytų objektų ribomis. Kontroliuojama klasifikacija buvo 1,7% tikslesnė už nekontroliuojamą, todėl siekiant didesnio tikslumo patartina naudoti pirmąją, o taupant laiką – antrąją, nes apibendrinus jų kokybės ir našumo santykis yra panašus.
2. Dviejų automatinių ArcGIS klasifikacijų metodais sugeneruotų objektų plotų tikslumas tiesiogiai koreliavo su vandens telkinio dydžiu. Dešimties didžiausių vandens telkinių, kurių plotas buvo didesnis nei 11 arų, automatinių klasifikacijų tikslumas siekė 85,7% ir 85%, tuo tarpu dešimties mažesnių nei 11 arų vandens telkinių klasifikacijų tikslumas siekė atitinkamai tik 69,3% ir 66,5%. Tokias koreliacijų reikšmes galima paaiškinti tuo, kad didesnių vandens telkinių plotą sudaro daugiau panašių spalvų pikselių, paviršius yra homogeniškesnis, tuo tarpu mažesnių telkinių paviršių sudarančių pikselių spalvų intervalas yra platesnis, todėl į filtruotos spalvos grupės intervalą patenka ne visi paviršių sudarantys pikseliai.
3. Sukurtos programos bendrasis vandens telkinių plotų tikslumas beveik 20% viršijo kitų dviejų klasifikacijų rezultatus ir siekė 95%, lyginant su rankiniu būdu. Čia nepastebėta klasifikacijos tikslumo koreliacijos nuo telkinio ploto. Tuo tarpu kitų dviejų klasifikacijų bendrasis tikslumas siekė atitinkamai 77,5% ir 75,8%.
4. Kadangi programa sukurta „Visual Basic 2015“ aplinkoje, todėl jos funkcionalumas yra ribotas. Vienu metu ji gali generuoti tik vieną objektą ir lėtai išfiltruoja spalvų grupes, nes viename vaizdo fragmente skirtingų spalvų kiekis gali siekti nuo kelių iki keliolikos tūkstančių, todėl norint padidinti programos našumą, reikia optimizuoti programos kodą arba perrašyti jį kita pažangesne programavimo kalba.
5. Šiuo metu sukurta programa leidžia dirbti tik su žemos raiškos duomenimis (10-15 DPI), kadangi didėjant raiškai, auga ir pikselių skaičius, kas labai įtakoja programos veikimo laiką generuojant objektus. Dėl to programa puikiai pasitarnautų darbui analizuojant bepiločių orlaivių foto vaizdus.
6. Šiuo metu pilnai automatizuoti kraštovaizdžio elementų išskyrimo nerekomenduotina, nes norint užtikrinti duomenų bazės kokybę, reikia žmogaus kontrolės taisant įvairias pasitaikančias klaidas, pvz. įmirkusius plotus, kurias kompiuteris automatiškai priskirs prie vandens telkinių.

SANTRAUKA

Kraštovaizdžio elementų išskyrimas iš aukštos raiškos ortofotonuotraukų ar palydovinių vaizdų šiais laikais dar nėra pilnai automatizuotas ir dažniausiai yra atliekamas ranka. Tai užima daug laiko, todėl yra būtina ieškoti būdų kaip bent iš dalies automatizuoti šį procesą ir sumažinti rankinio darbo kiekį. Šio darbo tikslas – sukurti automatinio vandens telkinių išskyrimo metodiką ir įvertinti jos galimybes bei tikslumą.

Magistro darbą sudaro turinys, anotacija, trumpinių žodynėlis, įvadas, literatūros šaltinių apžvalga, populiarių kraštovaizdžio elementų išskyrimo metodų apžvalga, darbo metodologija, praktinės darbo dalies rezultatų analizė ir tikslumo vertinimas bei išvados.

Darbe apžvelgti trys populiariausi kraštovaizdžio elementų išskyrimo metodai – vizualinis (rankinis), automatiniai bei lauko matavimai. Praktinėje dalyje buvo atliekamos 4 skirtingos 20-ies vandens telkinių klasifikacijos – rankinė (vizualinė), automatinės – kontroliuojama, nekontroliuojama bei pasitelkiant sukurtą programą. Paskutiniame skyriuje gauti rezultatai yra aptariami bei įvertinama jų kokybė, pateikiamos rekomendacijos kaip būtų galima patobulinti programą. Darbo gale pateikiamos išvados.

Tyrimas parodė, kad sukurta programa pakankamai tiksliai sugeneruoja vandens telkinių plotus lyginant su ranka braižytais poligonais, tuo tarpu abi automatinės klasifikacijos buvo mažiau tikslios. Šis magistro darbas suteikia tvirtą pagrindą tęsti automatinio kraštovaizdžio elementų išskyrimo tyrimus.

Raktažodžiai: kraštovaizdžio elementų išskyrimas, proceso automatizavimas, objektų klasifikacija, tikslumo vertinimas

SUMMARY

Landscape element extraction from high resolution satellite data or orthophotos is not fully automated yet and it is often done by hand. This consumes a lot of time and that is why it is important to look for ways to do the process atleast semi-automatic and reduce the amount of manual work.

The main object of this masters paper is to create the methodology of automated water body extraction and assess its possibilites and accuracy.

This paper consists of content, anotation, short-phrase dictionary, literature overview, popular landscape element extraction methods overview, methodology, result analysis, accuracy assessment and conclusions.

Three most popular landscape element extraction methods are reviewed in this paper – visual (manual), automated and field measurements. Four different classifications for 20 water bodies were used – visual (manual), supervised, unsupervised and with the developed software. Results and their quality assessment are presented in the last chapter, also recommendations on how to improve the software are given. At the end of the paper conclusions are presented.

This analysis proved that the developed software was really accurate while extracting water body poligons from the images, meanwhile automated supervised and unsupervised classifications were less accurate. This master paper provides a strong foundation for the continuous research of automated lanscape element extraction.

Keywords: lanscape element extraction, process optimization, object classification, accuraccy assessment

LITERATŪROS SĄRAŠAS

Publikacijos:

- Antonarakis A.S., Richards K.S., Brasington J. 2008. *Object-based land cover classification using airborne LIDAR*. Remote Sensing of Environment 112.
- Al Mamun A., Mahmood A., Rahman M. 2013. *Identification and Monitoring the Change of Land Use Pattern Using Remote Sensing and GIS: A Case Study of Dhaka City*. IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering. Volume 6, Issue 2.
- Alqurashi A.F., Kumar L. 2014. *Land Use and Land Cover Change Detection in the Saudi Arabian Desert Cities of Makkah and Al-Taif Using Sattelite Data*. Advances in Remote Sensing 3, 106-119.
- Congalton R. G., Green K. 2012. *Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices*. Second Edition.
- Desheng L., Xia F. 2010. *Assessing object-based classification: advantages and limitations*. Remote Sensing Letters, Volume 1, Issue 4.
- Dragozi E., Gitas I. Z., Stavrakoudis D. G., Theocharis J. B. 2014. *Burned Area Mapping Using Support Vector Machines and the FuzCoC Feature Selection Method on VHR IKONOS imagery*. Remote Sensing, ISSN 2072-4292.
- Duong H., Pfeifer N., Lindenbergh R. 2006. *Full Waveform Analysis: ICESAT Laser Data for Land Cover Classification*. ISPRS, Commission VII.
- Im J., Jensen J. R., Hodgson M. E. 2008. *Object-Based Land Cover Classification Using High-Posting-Density LiDAR Data*. GIS science & Remote Sensing 45(2):209-228.
- Kamagata N., Akamatsu Y., Mori M., Qing Y., Hoshino Y., Hara K. 2005. *Comparison of pixel-based and object-based classifications of high resoliute satellite data in urban fringe areas*. Proceedings of 26th Asian Conference on Remote Sensing.
- Ke Y., Quackenbush L. J. 2010. *A review of methods for automatic individual tree-crow detection and delineation from passive remote sensing*. International Journal of Remote Sensing, vol. 32.
- Milieškaitė J., Vaitkus G. 2011. *Landsat TM kosminių nuotraukų segmentavimo metodų palyginimas atliekant žemės dangos klasifikavimą*. Geodesy and Cartography, Volume 37(3): 135-142.

- Mena J. B. 2006. *Automatic vectorization of segmented road networks by geometrical and topological analysis of high resolution binary images*. Knowledge-Based Systems 19, 704–718.
- Merwade V. M. 2007. *An Automated GIS Procedure for Delineating River and Lake Boundaries*. Transactions in GIS, 2007, 11(2):213-231.
- Sekovski I., Stecchi F., Mancini F., Del Rio L. 2014. *Image classification methods applied to shoreline extraction on very high-resolution multispectral imagery*. International Journal of Remote Sensing, Vol. 35, No. 10.
- Smreček R., Michnova Z. 2014. *Identification of Individual trees and groups of trees in the landscape using airborne laser scanning data*. Geodesy and Cartography, Volume 40(3):110-115.
- Trier O. D. 2015. *Automatic mapping of forest density from airborne LIDAR data*. Geodesy and Cartography, Volume 41(2), 49-65.
- Whiteaker T. L., Maidment D. R., Gopalan H., Patino C., McKinney D. 2005. *Raster-network regionalization for watershed data processing*. International Journal of Geographical Information Science.

Internetiniai šaltiniai:

- DSLR Photography Tutorials. Prieiga per internetą: <<http://dslrphotographytutorials.com/photo-printing/what-is-ppi-and-dpi/>> [žiūrėta 2016 04 02].
- Image Classification Techniques in Remote Sensing*. Prieiga per internetą: <<http://gisgeography.com/image-classification-techniques-remote-sensing/>> [žiūrėta 2016 03 19].
- Nacionalinė žemės tarnyba prie Žemės ūkio ministerijos. 2007. *Geografinės informacijos infrastruktūros taikymų sritys*. Mokomoji knyga. Prieiga per internetą: <https://www.geoportal.lt/geoportal/documents/11958/13317/GII-04_mokomoji_knyga.pdf/b8c4f00c-3d2b-437e-a29f-17250d749605> [žiūrėta 2016 04 22].
- Remote Sensing Image Analysis and Applications*. 2014. Prieiga per internetą: <<https://www.e-education.psu.edu/geog883/node/523>> [žiūrėta 2016 03 25].

Satellite imaging corporation. Orthorectification. 2015. Prieiga per internetą:
<<http://www.satimagingcorp.com/services/orthorectification>> [žiūrėta 2016 03 25].

U.S. Geological Survey. Prieiga per internetą:
<http://landsat.usgs.gov/what_is_pan_sharpening.php> [žiūrėta 2016 03 27].

Science Education through Earth Observation for High Schools. Prieigą per internetą:
<<http://www.seos-project.eu/modules/remotesensing/remotesensing-c06-p03.html>>
[žiūrėta 2016 03 24]

Phunkemedia. Prieiga per internetą: <<http://www.phunkemedia.com/>> [žiūrėta 2016 04 02].

Valstybės įmonė Žemės ūkio informacijos ir kaimo verslo centras. Prieiga per internetą:
<<http://www.vic.lt/?mid=21>> [žiūrėta 2016 03 21].

BAIGIAMOJO MAGISTRO DARBO VERTINIMO LAPAS

Darbo autorius:
(vardas, pavardė)
(parašas)

Mokslinis darbo vadovas:
(mokslinis laipsnis, mokslinis vardas, vardas, pavardė)
(parašas)

Recenzentas:
(mokslinis laipsnis, mokslinis vardas, vardas, pavardė)
(parašas)

Kartografijos centro
vedėjas:
(mokslinis laipsnis, mokslinis vardas, vardas, pavardė)
(parašas)

Darbo gynimo data:

Darbo įvertinimas:
(balas skaičiumi, balas raštu)

Baigiamųjų darbų gynimo
komisijos pirmininkas:
(mokslinis laipsnis, mokslinis vardas, vardas, pavardė)
(parašas)

Baigiamųjų darbų gynimo
komisijos sekretorius:
(vardas, pavardė)
(parašas)