

AEROFOTONUOTRAUKOS KLASIFIKAVIMO METODŲ TIKSLUMO ĮVERTINIMAS

Vytautė Juodkienė, Kristina Chorošilova

Kauno Kolegija/University of Applied Sciences, Lithuania

Santrauka. Kraštovaizdžio elementai – tai miškai, pievos, upės, ežerai, keliai ir kiti objektai, kuriuos kiekvienas aplink matome kasdien. Nuolant keičiantis kraštovaizdžiui pasitelkus fotografinius vaizdus galima stebėti miestų plėtimąsi, miškų bei kitų žemės objektų kaitą. Aerofotografijų pagrindu sudaromi ortofotografiniai žemėlapiai. Pasitelkus šiuos žemėlapius atnaujinami seni erdvinių duomenų rinkiniai arba sudaromi nauji, planuojami teritorijų darbai. Straipsnyje pristatomas tyrimas, kuriuo taikant klasifikavimo metodus siekiama įvertinti jų tikslumą. Tyrimui atlikti pasirinkti kontroliuojamas ir nekontroliuojamas bei diskriminantinės analizės klasifikavimo metodai. Tikslumui įvertinti atlikti vartotojo, naudotojo ir kappa skaičiavimai. Aerofotonuotaukos klasifikavimo tikslumų nustatymui pasirinkta Kaišiadorių rajono aerofotonuotauka, kurios užimamas plotas – 25 km². Aerofotonuotauka, sudaryta 2015 m., yra didesnės raiškos, pikselio dydis yra 25x25 cm vietovėje. Pasirinkto rajono žemėlapyje kraštovaizdis įvairus: dirbamos žemės, augmenija, užstatytos teritorijos. Išanalizavus Kaišiadorių rajono ortofotografinį žemėlapi, nuspręsta naudmenas klasifikuoti į šias klases: *šešėliai, pasėliai, pieva, rapsai, vanduo, keliai šviesūs, geležinkelis, ariama šviesi žemė, ariama tamsi žemė, medžiai*. Atlikus klasifikavimą bei išanalizavus nekontroliuojamos ir kontroliuojamos klasifikacijos gautus rezultatus, pastebėta neatitikimų, todėl nuspręsta naudmenas perklasifikuoti į tokias klases: *šešėliai, vanduo, augmenija, ariama žemė, rapsai, keliai, geležinkelis ir pievos*. Atlikus tyrimą, nustatyta, jog tiksliausiai klasifikuotos naudmenos diskriminantinės analizės metodu – 91,0 proc. Gavus kappa rezultatus nekontroliuojama klasifikacija siekia 0,37 proc., kontroliuojama klasifikacija – 0,74 proc., diskriminantine analizė – 0,89 proc.

Raktiniai žodžiai: aerofotonuotauka, klasifikavimas, diskriminantinė analizė.

Įvadas

Duomenys apie žemės dangą gaunami nuotoliniais metodais – iš aerofotonuotaukų, kosminių vaizdų, lidarinių ir hiperspektrinių vaizdų, kurie apdorojami ir analizuojami taikant geografinės informacinės sistemas (GIS). Nuotolinių tyrimų metodai naudojami pirminiam duomenų surinkimui. Pasinaudojus šiais metodais ir įvairiomis technologijomis galima nuotoliniu būdu tiesiogiai be fizinio kontakto surinkti erdvinę informaciją apie objektų savybes (*Schowengerdt A., 2007*).

Naudojant pasyviuosius jutiklius vykdomas nuotolinių tyrimų metodas – aerofotografavimas. Norint gauti aerofotonuotauką reikalingas lėktuvas ir optinė fotografavimo sistema, kuri fiksuos nuo Žemės paviršiaus atspindėtą arba spinduliuojamą elektromagnetinę energiją (*Rusonytė D., Kairienė A., 2010*).

Aerofotonuotaukos daromos esant geram orui, kai nėra debesų arba ūkanotą dieną, kai debesys ištiesai dengia, bet yra gana aukštai. Aerofotografavimui tinkamiausias laikas yra anksti pavasarį, kai dar nėra sužaliavusi augmenija.

Tobulėjant aerofotografavimo priemonėms, plečiasi ir pritaikymo sritys, galima tirti įvairius pokyčius, kartografuoti žemės naudmenų rūšis ir pan. (*Gudritienė D., Sinkevičiūtė V., 2010*).

Turint aukštos kokybės vaizdus galima atlikti kraštovaizdžio elementų klasifikaciją. Miškų išskirtimai, augmenijos pasiskirstymas – tai tik keletas veiksnių, kuriuos galima analizuoti pasitelkus nuolat atsinaujinančius palydovinius

vaizdus bei aukštos raiškos ortofotografinius žemėlapius ar aerofotonuotaukas.

Vaizdo klasifikacija aktuali nagrinėjant miestų plėtimosi pokyčius. Mokslininkai (*Al Mamun, Mahmood, Rahman, 2013*) iš Bangladešo universiteto nagrinėjo, kaip keitėsi Dakos miesto teritorija per paskutinius du dešimtmečius (1990–2010 m.). Tyrimo tikslas – pavaizduoti ir išanalizuoti urbanizacijos įtaką aplinkinėms teritorijoms. Atlikę tyrimą (*Al Mamun, Mahmood, Rahman, 2013*), mokslininkai išsiaiškino, kad per dvidešimtmetį užstatytos teritorijos išsiplėtė 63 proc., o dirbamos žemės ir miškų plotai sumažėjo net 59,0 proc., pelkės ir vandens telkiniai – 53,0 proc. Visa tai galima sieti su kaimo žmonių imigracija į miestus, blogai organizuojama miesto infrastruktūra.

Urbanizacijos pokyčius tyrė Saudo Arabijos mokslininkai (*Alqurashi, Kumar, 2014*). Šiuo tyrimu buvo siekiama išsiaiškinti, kaip keitėsi kelių miestų žemėnaudos nuo 1986 iki 2013 metų. Naudojant objektais paremtą klasifikaciją bei taikant didžiausio tikėtimumo metodą (MLC – angl. *Maximum Likelihood Classification*) mokslininkai nustatė, kad miestų plėtra minėtu laikotarpiu buvo labai didelė – nuo 1,13 iki 1,74 karto.

Klasifikuojant žemės plotus, labiausiai paplitusi kontroliuojama, nekontroliuojama ir objektinė vaizdų klasifikacija. Naudodamas kontroliuojamą klasifikavimą vartotojas sukuria spektrines žinomų kategorijų signatūras, pvz., miesto ir miško, tada programinė įranga kiekvieną vaizdo gardelę priskiria dangos tipui, kuris geriausiai atitinka

signatūrą. Naudojant nekontroliuojamą klasifikavimą programinė įranga suskirsto gardeles į panašių gardelių kategorijas, o vartotojas nustato tų kategorijų vaizduojamus dangos tipus.

Mokslininkai (*Kamagata ir kt., 2005*), atlikdami tyrimą, palygino šias klasifikacijas. Daugumoje atliktų tyrimų naudojama objektinė klasifikacija, nes ji yra pranašesnė už vaizdo gardelių klasifikaciją. Vaizdo gardelių klasifikacijoje buvo naudojami didžiausio tikėtimumo bei ISODATA (angl. *Iterative Self-Organizing Data Analysis Technique*) metodai, o objektinėje klasifikacijoje – minimalaus atstumo metodas. Atlikus tyrimą, galima teigti, jog šešėliai padidino klasifikavimo klaidų skaičių. Naudojant vaizdo gardelių klasifikaciją buvo sunkiau nustatomos miško ribos dėl plačių lajų bei sudėtinga išskirti įvairias medžių rūšis. Objektinėje klasifikacijoje naudojant minimalaus atstumo metodą buvo nemažai klaidų išskiriant skirtingas medžių rūšis. Šis tyrimas parodė, jog objektinė klasifikacija yra tinkamesnė, kai teritorijoje yra labai daug įvairių objektų bei gausu augmenijos (*Lu D. ir Weng Q., 2007*).

Mokslininkai (*Berhane M. Tedros ir kiti, 2017*), tyrinėdami pelkių teritorijas, taiko vaizdo gardelėmis paremtą klasifikaciją ir objektinę klasifikaciją. Autoriai analizuoja, kuris metodas yra tinkamesnis. Atliktuose tyrimuose nustatyta, kad gardelėmis paremtos klasifikacijos tikslumas – 87,9 proc., o objektinė yra tikslesnė – 90,4 proc. Šiuo tyrimu įrodyta, kad abu metodai gali būti taikomi tyrinėjant kraštovaizdžių elementus.

Mokslininkai Madhura M., Venkatachalam S. (2013) analizuoja naudojant palydovus gautų aerovaizdų kontroliuojamos klasifikacijos metodus, klasifikuojant įvairius žemės paviršius. Gauti klasifikavimo metodų tikslumai pasiskirstę taip: minimalaus atstumo (angl. *minimum distance to mean*) – 85,72 proc., didžiausio tikėtimumo – 93,33 proc., *Mahalanobis* klasifikacija – 90,0 proc. Tai įrodo, kad klasifikuojant kontroliuojamos klasifikacijos didžiausio tikėtimumo metodu gauti geriausi rezultatai.

Lietuvos mokslininkai (Milieškaitė J., Vaitkus G., 2011) teigia, kad klasifikacijos metodų tyrimai nėra naujas dalykas Lietuvoje. Autoriai atliko kontroliuojamą klasifikaciją kosminiuose vaizduose, taikydami daugiaspektrius (angl. *sequential maximum a posteriori*) bei MCL segmentavimo algoritmus. Norėdami sužinoti klasifikavimo tikslumą, mokslininkai apskaičiavo *kappa* koeficientą. Pagal gautus rezultatus tiksliausiai pavyko identifikuoti vandens telkinius (100 proc.), durpynus (96 proc.) ir spygliuočių miškus (92 proc.). Šis tyrimas parodė, kad nuotoliniai tyrimai ir GIS technologijos yra puiki

priemonė įvairiems objektams identifikuoti ir plotams apskaičiuoti, tačiau norint tikslių rezultatų būtini ir lauko matavimai.

Tyrimo metodai ir sąlygos

Tyrimo objektas – *Kaišiadorių rajono aerofotonuotrauka*.

Tyrimo tikslas – *įvertinti aerofotonuotraukos klasifikavimo metodų tikslumus*.

Tyrimo uždaviniai: *atlikti kontroliuojamo ir nekontroliuojamo, diskriminantinės analizės klasifikavimo metodų analizę, „vartotojo“ ir „naudotojo“ tikslumo įvertinimą, kappa statistikos apskaičiavimą ir įvertinti jų tikslumą*.

Kaišiadorių rajono aerofotonuotraukos klasifikavimas atliktas ArcGIS programine įranga, diskriminantinė analizė atlikta statistine programa – SPSS (angl. *Statistical Package for the Social Sciences*). Klasifikavimui naudotas diskriminantinės analizės metodas pasitelkiant Fišerio klasifikavimo funkcijas. Diskriminantinė analizė yra plačiai naudojama norint patikrinti, kaip tiksliai diskriminavimo kintamieji gali sugrupuoti klasifikuojamus objektus į nurodytą skaičių klasių. Fišerio klasifikavimo funkcija sudaroma kiekvienai klasei. Fišerio klasifikavimo funkciją galima išreikšti šia lygtimi:

$$f(x) = b_0 + \sum_{i=1}^n b_i DN_i ; \quad (2.2),$$

kur:

b_0, b_i – funkcijos koeficientai;

$f(x)$ – funkcijos įgyjama reikšmė klasėje;

DN_i – objektų skaitinės reikšmės.

Diskriminantinės analizės metodu tiriami objektai buvo klasifikuojami į 6 klases. Aerofotonuotraukos klasifikavimo tikslumų nustatymui pasirinkta Kaišiadorių rajono aerofotonuotrauka, kurios užimamas plotas – 25 km². Aerofotonuotrauka sudaryta 2015 metais yra didesnės raiškos, pikselio dydis yra 25x25 cm vietovėje. Pasirinkto rajono žemėlapyje kraštovaizdis įvairus: dirbamos žemės, augmenija, užstatytos teritorijos. Klasifikavimo metodų tikslumas įvertinamas remiantis nepriklausomais įvertinimo duomenimis, kurie nebuvo naudoti mokymui. Paklaidų reikšmės pateikiamos paklaidų matricos pavidalu, kuri parodo informaciją apie bendrą skaičių arba procentą teisingai suklasifikuotų vaizdo gardelių arba skaičių gardelių, kurie buvo neteisingai suklasifikuoti (1 lentelė). Klasifikavimo tikslumas buvo išreikštas *kappa* statistika, kuri palygina klasifikavimo rezultatus su tais, kurie gauti atsitiktinai gardeles

priskyrus klasėms. Kai *kappa* statistikos reikšmė, lygi 1, tai rodo absoliučiai tikslią klasifikaciją (Congalton ir Green, 1999). *Kappa* statistika išreiškiama tokia formule:

$$\kappa = \frac{N \sum_{i=1}^n m_{i,i} - \sum_{i=1}^n (G_i C_i)}{N^2 - \sum_{i=1}^n (G_i C_i)}$$

kur:

i – klasės numeris;

N – bendras klasifikuotų verčių skaičius, palyginti su teisinga verte;

m_{i,i} – skaičių reikšmės priklausančios *i* klasei, kuri suklasifikuota kaip *i* klasė (t.y., reikšmės nustatytos įstrižai paklaidų matricioje);

C_i – bendras *i* klasės preliminarinių verčių skaičius;

G_i – bendras *i* klasės teisingų verčių skaičius.

Tyrimo rezultatai ir jų aptarimas

Norint atlikti klasifikavimą ir įvertinti klasifikavimo metodų tikslumą naudojama ArcGIS programinė įranga. Sukurtoje duomenų bazėje sukuriama plotinis sluoksnis *Riba, Užstatytos teritorijos*, Išvektorizuotos užstatytos teritorijos pateiktos 1 pav.

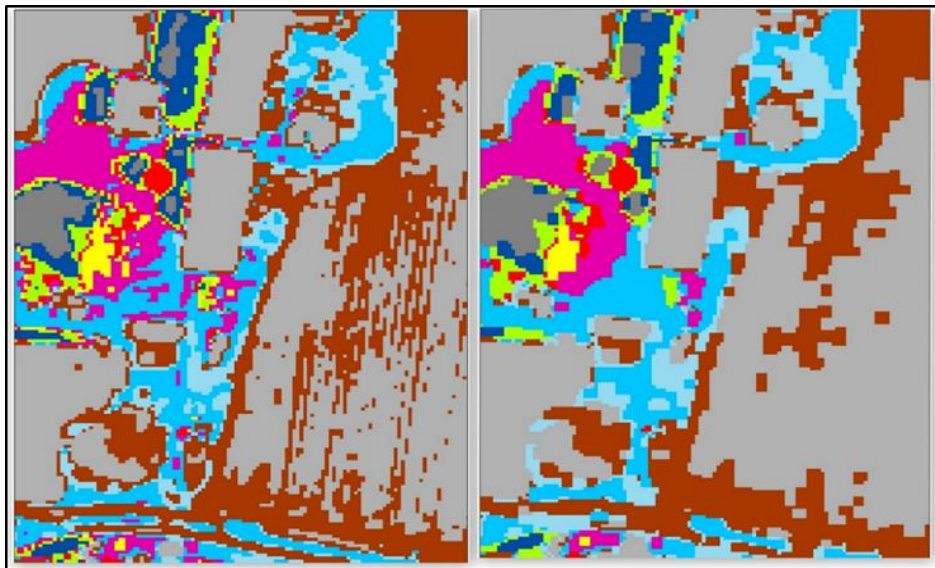


1 pav. Užstatytų teritorijų vektorizavimas

Pirmiausiai buvo pasirinktas nekontroliuojamas (angl. *unsupervised classification*) klasifikavimas taikant ISODATA metodą. Išanalizavus aerofotonuotrauką ir identifikavus dominančius objektus, naudoti vizualūs dešifravimo požymiai (forma, spalva, tekstūra, dydis ir t. t.). ir suklasifikuota į šias klases: *šešėliai, pasėliai, pieva, rapsai, vanduo, keliai šviesūs, geležinkelis, ariama šviesi žemė, ariama tamsi žemė, medžiai*.

Pasirinkto ortofotografinio žemėlapijo kraštovaizdis labai įvairus, todėl suklasifikavus žemėlapi, programinė įranga suskirsto gardeles į panašių gardelių kategorijas pagal atspalvį.

Suklasifikavus vaizdą, matome, kad smulkesnes gardeles būtina priskirti didesnėms gardelėms (2 pav.).



2 pav. Suklasifikuoto vaizdo rezultatai

Išskyrus stambesnes gardeles gaunamas rezultatas pateiktas 3 pav.

Aerofotonuotraukos klasifikavimo gautas rezultatas rodo, kad suvienodintos gardelės duoda švaresnį vaizdą, nors dar skirtingus objektus priskiria vienai klasei. Vienus medžius priskiria prie

pasėlių, kitus medžius išskiria kaip pievas, trečius – priskiria prie medžių klases.

Atliekamas kontroliuojamas klasifikavimo metodas – *Maximum Likelihood Classification*. Šiuo metodu visi klasifikuojami objektai kartografuojami rankiniu būdu. Algoritmo mokymui naudojamos

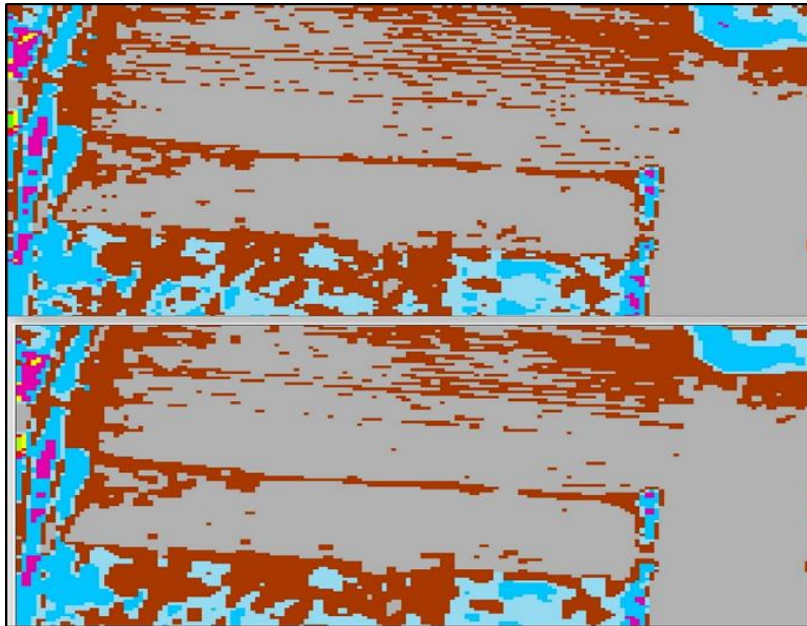
pasirinktos klasės (vienodos kaip ir nekontroliuojamo metodo), atstovaujančios kiekvienai žemės dangos klasei. Sužymimi visi skirtingi klasės objektai, išsaugomos kiekvienos klasės statistinės signatūros. Šios signatūros yra kiekvienos vaizdo gardelės dešifravimo raktas.

Visos kitos vaizdo gardelės yra palyginamos su signatūromis, o tada klasifikuojamos į 10 klasių.

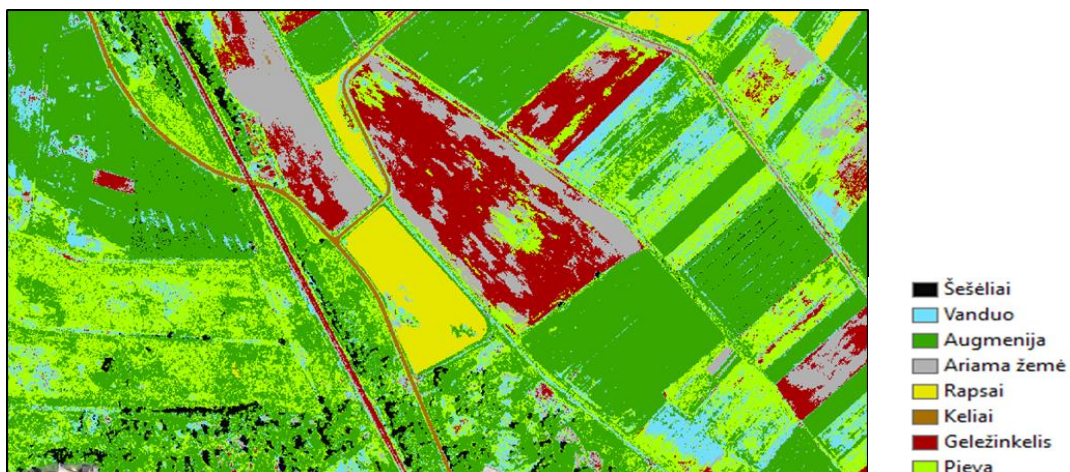
Išanalizavus nekontroliuojamos ir kontroliuojamos klasifikacijos gautus rezultatus, pastebėta neatitikimų, kai keliai priskiriami ariamai žemei, medžiai

priskiriami pasėlių klasei. Esant tokiam rezultatui, nuspręsta perklasifikuoti abiejų metodų gautus vaizdus ir sumažinti klasių skaičių.

Perklasifikuojama į 6 klases: *šešėliai*, *vanduo*, *augmenija*, *ariama žemė*, *rapsai*, ir *pievos*. Klasė *pasėliai* ir *medžiai* sujungiami į vieną klasę, sudarys *augmenijos* klasę. Klasė *ariama šviesi žemė* ir klasė *ariama tamsi žemė* sujungiamos į vieną klasę *ariama žemė* (4 pav.).



3 pav. Gautas rezultatas



4 pav. Kontroliuojamos klasifikacijos rezultatas

Kontroliuojamo metodo gautas galutinis rezultatas yra tikslesnis nei nekontroliuojamo metodo. Kontroliuojamo metodo galutiniame rezultate pasitaikė netinkamų priskyrimų klasėms. Trečias pasirinktas metodas – rankiniu būdu kartografuoti objektai: *šešėliai*, *vanduo*, *augmenija*,

ariama žemė, *rapsai*, ir *pievos*. Be to, išgautos radiometrinės ir tekstūrinės savybės, atitinkančios kiekvieną identifikuotą objektą, naudojant ArcGIS programinės įrangos *Zonal Statistics* įrankį. Objektų projekcijų kontūruose nustatytos tokios gardelių skaitinių reikšmių statistikos:

Min – minimali reikšmė;
Max – maksimali reikšmė;
Mean – reikšmių vidurkis;
STD – reikšmių standartinis nuokrypis;
Minority – reikšmių mažuma. Reikšmės, kurių yra mažiausiai;
Majority – reikšmių dauguma. Reikšmės, kurių yra daugiausia;
Sum – reikšmių suma;
Range – intervalas. Skirtumas tarp didžiausios ir mažiausios reikšmių;
Variety – įvairovė. Skirtingų reikšmių kiekis;
Median vidurinė reikšmė. Klasifikavimo metodų rezultatų tikslumo įvertinimas.

Šios gardelių skaitinės reikšmės buvo išsaugotos kaip xls formatas ir įkeliamos į SPSS programinę įrangą, kur buvo pasirinktas klasifikavimas taikant Fišerio metodą. Klasifikavimo tikslumui vertinti naudotas kryžminės patikros metodas, grindžiamas vieno elemento nuosekliu eliminavimu. Sudarytos klasifikavimo klaidų matricos (Kohavi ir Provost, 1998). Bendras klasifikavimo tikslumas buvo vertinamas apskaičiuojant teisingai suklasifikuotų tiriamų objektų dalį nuo viso bendro skaičiaus. „Vykdymo“ tikslumas parodo teisingai suklasifikuotų tiriamų objektų dalį grupėje. „Vartotojo“ tikslumas parodo, kokia yra tikimybė, kad objektas, klasifikuotas tam tikroje grupėje, iš tikrųjų jai ir priklauso (1 lentelė).

1 lentelė. Tiriamų objektų klasifikavimo į 6 klases tikslumas

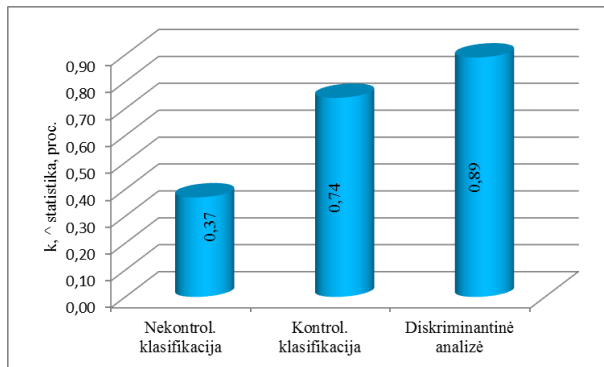
Metodas	Klasės	Suklasifikuota į grupes, vnt.							„Vykdymo“ tikslumas, proc.
		Šešeliai	Vanduo	Augmenija	Ariama	Rapsai	Pieva	Iš viso	
Nekontroliuojama klasifikacija	Šešeliai	13	0	1	0	0	0	14	65.0
	Vanduo	4	4	5	0	0	1	14	20.0
	Augmenija	2	9	7	3	0	12	33	38.9
	Ariama žemė	0	1	1	3	0	0	5	33.3
	Rapsai	0	0	0	0	20	0	20	100.0
	Pieva	1	6	4	3	0	3	17	18.7
	Iš viso	20	20	18	9	20	16	103	
„Vartotojo“ tikslumas, proc.		92.9	28.6	21.2	60.0	100.0	17.6		
Bendras klasifikavimo tikslumas, proc.									48.5
Kontroliuojama klasifikacija	Šešeliai	13	0	1	0	0	0	14	65.0
	Vanduo	0	17	1	0	0	5	23	80.9
	Augmenija	6	0	15	0	0	4	25	75.0
	Ariama žemė	0	2	1	16	0	0	19	100.0
	Rapsai	0	0	0	0	20	0	20	100.0
	Pieva	1	2	2	0	0	13	18	59.0
	Iš viso	20	21	20	16	20	22	119	
„Vartotojo“ tikslumas, proc.		100.0	92.9	73.9	60.0	84.2	100.0		
Bendras klasifikavimo tikslumas, proc.									79.0
Diskriminantinė analizė	Šešeliai	12	3	0	0	0	0	15	92.3
	Vanduo	1	14	0	0	0	0	15	82.4
	Augmenija	0	0	14	0	0	1	15	93.3
	Ariama žemė	0	0	1	12	0	2	15	100.0
	Rapsai	0	0	0	0	14	0	14	100.0
	Pieva	0	0	0	0	0	15	15	88.2
	Iš viso	13	17	15	12	14	17	89	
„Vartotojo“ tikslumas, proc.		80.0	93.3	93.3	80.0	100.0	100.0		
Bendras klasifikavimo tikslumas, proc.									91.0

Nekontroliuojamu metodu gauti klasifikavimo duomenys neužtikrina tikslaus tiriamų objektų klasifikavimo į 6 klases (1 lentelė), t.y. klases, kurios paprastai išskiriamos vizualiai vertinant aerofotonuotraukoje šešėlius, vandens telkinius, augmeniją, ariamą žemę, rapsų laukus, pievas ar ganyklas. Klasifikuojant tiriamus objektus, bendras klasifikavimo tikslumas neviršijo 48,5 proc. Klasifikavimas vertinamas teigiamai, jeigu jo tikslumas didesnis nei 51,0 proc. Klasifikavimo rezultatai parodė, kad aerofotonuotraukoje geriausiai atskirti galima *rapsus* – 100 proc. („vartotojo“ ir „vykdymo“ tikslumas).

Analizuojant kontroliuojamos klasifikacijos rezultatus matyti, kad geriausiu atskiriamumu

pasižymėjo *ariama žemė, rapsai, pieva* ir *šešėliai* – 100 proc. („vartotojo“ ir „vykdymo“ tikslumas).

Lyginant bendrus klasifikavimo tikslumus, aukščiausias tikslumas pasiektas diskriminantine analize – 91,0 proc., kai objektų kartografavimas atliekamas rankiniu būdu ir žmogus tiksliai išskiria žinomus objektus. Vertinant šiuo metodu gautus rezultatus nustatyta, kad geriausiai atskirti galima *ariamą žemę, rapsus* ir *pievą* – 100 proc. („vartotojo“ ir „vykdymo“ tikslumas). Nekontroliuojamos, kontroliuojamos klasifikacijos bei diskriminantinės analizės *kappa* statistika pateikta 5 pav.



5 pav. Kappa statistikos reikšmių palyginimas

Crookston su bendraautorais (2002) kappa statistikos reikšmes interpretuoja taip: mažiau nei 0 – blogas, 0–0,2 – silpnas, 0,2–0,4 – patenkinamas, 0,4–0,6 – vidutiniškas, 0,6–0,8 – labai geras ir 0,8–1 – beveik puikus. Mūsų tyrimo atveju gautas puikus rezultatas – 0,89 proc. diskriminantine analize, labai geras – 0,74 proc. kontroliuojama klasifikacija ir patenkinamas – 0,37 proc. nekontroliuojama klasifikacija.

Išvados

Atliktame tyrime taikyti šie klasifikavimo metodai: kontroliuojamas parenkant didžiausio tikėtino klasifikavimą (angl. *maximum likelihood classification*), nekontroliuojamas ir diskriminantinės analizės metodai. Diskriminantinės analizės metodu (programinės įrangos SPSS 22 versija) buvo klasifikuojama į 6 skirtingas klases (šešėliai, vanduo, augmenija, ariama žemė, rapsai, ir pievos).

Aerofotonuotraukoje taikant gardelėmis parentą klasifikaciją ir objektinę klasifikaciją nustatyta, kad geriausiu atskiriamumu pasižymėjo rapsai, šešėliai, ariama žemė, pievos ir šešėliai (100,0 proc. „vartotojo“ ir „vykdytojo“ tikslumas). Pagal kappa statistikos reikšmes pasiektas puikus (0,89 proc.) rezultatas, taikant diskriminantinę analizę.

Geriausias aerofotonuotraukos bendras klasifikavimo tikslumas pasiektas diskriminantinės analizės metodu – 91,0 proc. Nustatyta, kad aerofotonuotraukoms klasifikuoti yra netinkamas nekontroliuojamas metodas, nes gautas 48,5 proc. netgiamas tikslumas.

Literatūra

- 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 Satellite Data*. Advances in Remote Sensing 3, 106-119
- Berhane M., Tedros, Lane R., Charles, Q. W., Anenkhonov A. O., Chepinoga V. V., ...and Liu Hongxing (2017). *Comparing Pixel- and Object-Based Approaches in Effectively Classifying Wetland-Dominated Landscapes*. Remote Sensing Journals.
- Congalton, R., Green K. (1999). *Assesing the Accuracy of Remotely Sensed Data - Principles and Practices*, CRC Press, Boca Raton, ISBN 978-1-4200-5512, 179 p.
- Gudritienė D. ir Sinkevičiūtė V. (2010). *Ortofotografinių žemėlapių panaudojimas užstatytos teritorijos pokyčiams analizuoti*. LŽŪU Mokslo darbai
- Kamagata N., Akamatsu Y., Mori M., Qing Y., Hoshino Y., Hara K. (2005). *Comparison of pixel-based and object-based classifications of high resolute satellite data in urban fringe areas*. Proceedings of 26th Asian Conference on Remote Sensing
- Kohavi, R., Provost, F. (1998). *On Applied Research in Machine Learning*. In *Editorial for the Special Issue on Applications of Machine Learning and the Knowledge*. Discovery Process, Columbia University, New York, Vol. 30.
- Lu D. ir Weng Q. (2007). *A survey of image classification methods and techniques for improving classification performance*, International Journal of Remote Sensing
- Madhura M. ir Venkatachalam S., (2013). *Comparison of Supervised Classification Methods On Remote Sensed Satellite Data: An Application In Chennai, South India*. International Journal of Science and Research
- Milieškaitė J., Vaitkus G. (2011). *Landsat TM kosminių nuotraukų segmentavimo metodų palyginimas atliekant žemės dangos klasifikavimą*. Geodesy and Cartography, Volume 37(3): 135-142
- Rusonytė D. ir Kairienė A. (2010). *Distancinio zondavimo metodais gautų duomenų pritaikymas panaudojimui GIS*. Prieiga per internetą: <http://dspace.kauko.lt/bitstream/handle/1/784/DISTANCINIO%20ZONDAVIMO%20METODAIS%20GUTU%20DUOMENU%20PRITAIKYMAS%20PANAUDOJIMUI%20GIS.pdf?sequence=1>
- Schowengerdt R. A. (2007). *Remote sensing: models and methods for image processing*. Academic Press. Prieiga per internetą: <https://books.google.lt/books?isbn=0080516106>

ACCURACY ASSESSMENT OF AERIAL PHOTOGRAPHY USING CLASSIFICATION METHODS

Abstract. In order to make use of the multitude of digital data available from satellite imagery, it has to be processed in a manner that is suitable for the end user. As a common processing method applied in various projects is classification of land plots according to the land use. The image used in this article was selected from aerial images taken over Kaisiadorys district, in 2015. Unsupervised and supervised image classification techniques are the two most common approaches. However, the object-based classification has been used recently due to its accuracy for high-resolution data. The accuracy of identification of six classes using supervised classification technique resulted in overall classification accuracy, i.e. 79.0 percentage.

Furthermore, textural properties were obtained for the zones, corresponding to each class identified, using the Zonal Statistics tool of ArcGIS software including pixel mean, majority, maximum, range, sum and standard deviation. Classification was carried out using discriminant analysis function of SPSS Statistics software using stepwise method to select the predictors based on unexplained variance. Six classes were determined using identification of the objects statistics, obtained from aero photograph images, and discriminant analyses with a best overall classification accuracy of 91.0 percentage.

Keywords: aero photograph images, classification, discriminant analysis.

About the authors

Vytautė Juodkienė. Lecturer at the Department of Environmental Engineering, Kauno Kolegija / University of Applied Sciences, Kaunas, Lithuania.

E-mail: vytaute.juodkiene@go.kauko.lt

Kristina Chorošilova. Lecturer at the Department of Environmental Engineering, Kauno Kolegija / University of Applied Sciences, Kaunas, Lithuania.

E-mail: kristina.chorosilova@go.kauko.lt