



IEGULDĪJUMS TAVĀ NĀKOTNĒ



Eiropas Reģionālās attīstības fonds

Prioritāte: 2.1. Zinātne un inovācijas

Pasākums: 2.1.1. Zinātne, pētniecība un attīstība

Aktivitāte: 2.1.1.1. Atbalsts zinātnei un pētniecībai (otrā kārtā)

Projekts: "Multi - modeļu izstrādes tehnoloģija .NET pielietojumu projektiem" (MEDUS)

Projekta sākuma datums: 01.01.2014.g.

Projekta beigu datums: 30.06.2015.g.

Vienošanās Nr.2013/0031/2DP/2.1.1.1.0/13/APIA/VIAA/010

ESF finansējuma saņēmējs: SIA "SWH SETS" (SETS)

Sadarbības partneris: Elektronikas un datorzinātņu institūts (EDI)

**Projekta aktivitāšu Nr.4 "Tālpētes datu priekšapstrādes metožu izpēte"
un Nr.5 " Paraugprojekta realizācija" ietvaros izpildīto EDI darbu pārskats**

Pārskata numurs Nr.3. par periodu no 01.01.2015.g līdz 30.06.2015.g.

Projekta zinātniskais vadītājs: Dr.sc.comp. Ilze Dzelme-Bērziņa

EDI daļas zinātniskais vadītājs: Dr.sc.comp. Ints Mednieks

Projekta izpildītāji EDI: Dr.hab.math. Aivars Lorencs

Mag.math. Juris Siņica-Siņavskis

Madis Menke

Jolanta Beitāne

SATURS

Kopsavilkums.....	3
1. Ievads.....	4
2. Tālizpētes datu apstrādes metožu izpēte.....	5
2.1. Tālizpētes datu sapludināšanas iespēju izpēte (4.2).....	5
3. Tālizpētes datu attēlošanas metožu izpēte (4.3)	12
4. Tālizpētes datu apstrādes funkciju definēšana (4.4).....	13
5. Paraugprojekta realizācija.....	14
5.1. Programmatūras prasību specifikācijas izstrāde (5.1).....	14
5.2. Datu apstrādes funkciju bibliotēkas integrēšana (5.5)	14
5.3. Paraugprojekta programmatūras funkcionāla pārbaude (5.6).....	15
6. Literatūra	15

Kopsavilkums

Pārskata periodā projekta MEDUS aktivitātes Nr.4 "Tālīzpētes datu priekšapstrādes metožu izpēte" ietvaros veikti šādi darbi:

- Raksts par tālīzpētes datu sapludināšanas metodi "Classification of Multisensor Images With Different Spatial Resolution" pieņemts publicēšanai žurnālā Elektronika ir Elektrotehnika.
- Veikti pētījumi tālīzpētes datu attēlošanas jomā (zināmo pieeju izpēte literatūrā, konsolidētās kovariācijas attēlu izmantošanā pilsētu tālīzpētes datu vizualizācijā). Publicējami rezultāti šajā virzienā nav iegūti.
- Turpināti pētījumi tālīzpētes datu sapludināšanas jomā, balstoties uz IEEE GRSS 2014.gada datu sapludināšanas konkursa (DSK) uzdevumu un datiem:
 - a. izstrādāta divpakāpju klasifikācijas metode zemes izmantošanas veidu klasifikācijai DSK uzdevuma risināšanai;
 - b. izstrādātā metode realizēta MATLAB vidē un pārbaudīta piedāvāto klasifikatoru darbība DSK datu sapludināšanas uzdevuma risināšanā;
 - c. izpētīta dažādu multidimensionālu sadalījumu (Gausa, Dirihlē, gamma) izmantošana tālīzpētes datu klasifikācijai. Izstrādāta jauna klasifikācijas metode, kas ļauj izmantot vienlaicīgi vairākus multidimensionālu sadalījumu modeļus un izveidots klasifikators, kas izmanto šo sadalījumu kombinēšanu un datu sapludināšanu.
 - d. sagatavots un žurnālam „Elektronika ir Elektrotehnika” iesniegts zinātnisks raksts, kas apraksta izveidoto klasifikācijas pieeju un iegūtos rezultātus.

Aktivitātes Nr.5 "Paraugprojekta realizācija" ietvaros veikti šādi darbi:

- Sagatavota paraugprojekta programmatūras prasību specifikācija un iesniegta partneriem. Saskaņota specifikācijas gala versija, uz kuras pamata SWH SETS realizēts paraugprojekts.
- Izstrādāti MATLAB funkciju piemēri, nokompilēti .NET moduļu veidā un pārbaudīta to integrācija Windows Forms lietojumprogrammā. Sadarbībā ar SWH SETS izstrādāti paraugprojekta programmatūras kodi, kas nodrošina datu transformāciju to nodošanai MATLAB moduļiem.
- Sadarbībā ar SWH SETS veikta paraugprojekta programmatūras testēšana. Pārbaudīta programmas vispārējā funkcionalitāte, kā arī tālīzpētes datu apstrādes moduļu izsaukšana un rezultātu saglabāšana datubāzē.

EDI daļas zinātniskais vadītājs: Dr.sc.comp. Ints Mednieks

1. Ievads

Pārskats veltīts projekta trešā posma laikā veiktajiem pētījumiem:

- aktivitātes "Tālizpētes datu priekšapstrādes metožu izpēte" ietvaros (apakšaktivitātes 4.2, 4.3 un 4.4), kas veikti EDI laika posmā no 2015. gada 1.janvāra līdz 30. jūnijam. Šajā laikā tika turpināti pētījumi tālizpētes datu sapludināšanas jomā un tālizpētes datu attēlošanas jomā, definētas tālizpētes datu kopējas apstrādes funkcijas, kā arī sagatavota otrā plānotā publikācija;
- aktivitātes „Paraugprojekta realizācija” ietvaros izstrādāta un ar partneriem SWH SETS saskaņota paraugprojekta programmatūras prasību specifikācija (apakšaktivitāte 5.1), tai skaitā izstrādāts datu modelis, uz kura pamata jāveido izmantojamās datubāzes struktūra. Datubāzē paredzēts glabāt atsauces uz tālizpētes datu failiem, kuri tiks izvietoti failu sistēmā. Datubāzi var izvietot lokāli viena lietotāja izmantošanai, vai arī uz servera izmantošanai koplietošanas režīmā. Programmatūrā paredzēta no MATLAB kompilētu funkciju integrēšana .NET programmā, kura izveidota, balstoties uz projektā izstrādāto tehnoloģiju. Programma veidota kā Windows Forms lietojumprogramma, kuru varēs vienkārši paplašināt ar jauniem datu apstrādes .NET moduļiem, kas kompilēti no MATLAB funkcijām. Visas tālizpētes datu apstrādes un vizualizācijas funkcijas realizētas, izmantojot MATLAB vidē gatavotus moduļus.
- nodrošināta dalība paraugprojekta programmatūras izstrādē, sagatavojot tālizpētes datu importa, apstrādes un eksporta moduļus MATLAB vidē, nodrošinot to integrēšanu .NET programmā (apakšaktivitāte 5.5), kā arī piedaloties izstrādātās programmatūras funkcionālā pārbaudē (apakšaktivitāte 5.6).

Pārskata sadaļu virsrakstos atspoguļots apakšaktivitātes numurs, uz kuru tā attiecas. Apakšaktivitātes 4.4 rezultāts pilnībā atspoguļots dokumentā [1], kurš iesniegts projekta partnerim-ESF finansējuma saņēmējam. Perioda laikā sagatavotās otrās plānotās publikācijas teksts iesniegts kā atsevišķs dokuments [6]. Apakšaktivitātes 5.1 ietvaros sagatavotā programmatūras prasību specifikācija iesniegta kā atsevišķs dokuments [7].

2. Tālizpētes datu apstrādes metožu izpēte

Pārskata periodā turpināts darbs aktivitātes „Tālizpētes datu priekšapstrādes metožu izpēte” ietvaros. Tā kā iepriekšējā periodā veiktās klasifikācijas metodes izstrādes laikā radās šaubas, vai hipotēze par to, ka vienas kategorijas pikseļu vektori ir gadījuma lielumi, kas sadalīti saskaņā ar multidimensionālo normālo sadalījumu, ir pieņemama, šajā periodā tika mēģināts izmantot citus multidimensionālos sadalījumus un pārbaudīt, kā tas iespaido zemes izmantošanas kategoriju klasifikāciju. Tika iegūti interesanti rezultāti saistībā ar vairāku multidimensionālos sadalījumu kombinētu izmantošanu klasifikācijā; par šo tēmu sagatavota otrā plānotā publikācija.

Perioda laikā tika arī pētītas iespējas no LiDAR datiem izveidot augstuma modeļus un veidot pilsētvides objektu konsolidētās kovariācijas attēlus. Šajās jomās būtiski jauni zinātniski rezultāti netika iegūti.

Balstoties uz pētījumu rezultātiem, tika izvēlētas nepieciešamas un perspektīvas tālizpētes datu apstrādes funkcijas, kuru izpildes iespējas jānodrošina 5.aktivitātes ietvaros realizētajā paraugprojektā. Tās sīkāk aprakstītas gala pārskatā „Tālizpētes datu kopējas apstrādes funkcijas” [1].

2.1. Tālizpētes datu sapludināšanas iespēju izpēte (4.2)

Pārskata periodā turpināts pētīt multisensoru datu sapludināšanas iespējas apstākļos, kad ar sensoru palīdzību iegūtie dati ir ar dažādu telpisko izšķirspēju. Izmantotie dati un pētījuma uzdevums aprakstīti projekta 2.perioda pārskatā [2]. Šajā periodā izpētīti TD apstrādes varianti, kuros dati modelēti, izmantojot dažādus daudzdimensiju varbūtību sadalījumus. Izpētītas iespējas veidot klasifikatorus, kuros šie sadalījumu modeļi tiek izmantoti kombinētā veidā.

Atsevišķi tika klasificēti tā paša pilsētvides rajona RGB un termālais infrasarkanais (TI) attēli, kā arī veidoti klasifikatori, kuri izmanto abu attēlu datus.

Izstrādāti klasifikatori zemes izmantošanas kategoriju atšķiršanai, kas balstās uz Beijesa klasifikācijas principiem, izmantojot Gausa, Dirihlē un gamma daudzdimensiju sadalījumu modeļus, kas aprakstīti publikācijās [3, 4]. Klasifikatori tika apmācīti uz pieejamo lauka datu bāzes, uz šo pašu datu bāzes tika pārbaudīta to precizitāte. Atsevišķi tika klasificēti viena un tā paša pilsētvides rajona RGB un termālais infrasarkanais (TI) attēli, kā arī veidoti klasifikatori, kuri izmanto abu attēlu datus. RGB attēls ar uz tā attēlotiem klasificētiem lauka datu apgabaliem redzams Att. 2.1.



Att. 2.1. Apstrādātais RGB attēls ar atzīmētiem klasificētiem lauka datu apgabaliem (labākais iegūtais klasifikācijas rezultāts).

RGB attēla klasifikācijas rezultāts, kā datu modeli izmantojot multidimensionālo Gausa sadalījumu, attēlots 1.tabulā.

1.tabula. Lauka datu apgabalu pikseļu klasifikācijas rezultāti, balstoties uz Gausa sadalījuma modeli, un izmantojot datus no RGB attēla.

RGB								
		Iegūstam						
		Ceļi	Koki	Sarkani jumti	Pelēki jumti	Betona jumti	Zālāji	Augsne
Aplūkojam	Ceļi	95,57%	0,00%	0,67%	2,91%	0,11%	0,01%	0,73%
	Koki	0,00%	90,03%	0,00%	0,01%	0,00%	9,96%	0,00%
	Sarkani jumti	0,32%	0,00%	95,70%	0,42%	0,04%	0,00%	3,50%
	Pelēki jumti	9,81%	0,00%	1,24%	83,23%	5,24%	0,00%	0,48%
	Betona jumti	0,30%	0,00%	0,00%	2,80%	96,83%	0,00%	0,07%
	Zālāji	0,00%	6,36%	0,29%	0,28%	0,00%	91,07%	2,00%
	Augsne	0,00%	0,11%	2,70%	0,30%	0,28%	2,27%	94,35%
Kopējā precizitāte:							93,03%	

Redzams, ka klasifikators visumā darbojas labi; lielākās kļūdas novērojamas pelēko jumtu klasifikācijā, kuri tiek sajaukti ar ceļiem. Koku pikseļi tiek jaukti ar zālājiem un otrādi. Šādas kļūdas arī bija sagaidāmas, jo sajaukto kategoriju spektri ir līdzīgi.

TI attēla klasifikācijas rezultāts, kā datu modeli izmantojot multidimensionālo Gausa sadalījumu, attēlots 2.tabulā. Redzams, ka šis attēls viens pats nav izmantojams klasifikācijai; betona jumtus šajā spektra diapazonā nevar atšķirt no kokiem un zālājiem.

2.tabula. Lauka datu apgabalu pikseļu klasifikācijas rezultāti, balstoties uz Gausa sadalījuma modeli, un izmantojot datus no TI attēla.

TI								
		Iegūstam						
		Ceļi	Koki	Sarkani jumti	Pelēki jumti	Betona jumti	Zālāji	Augsne
Aplūkojam	Ceļi	92,42%	0,01%	3,11%	3,55%	0,85%	0,00%	0,05%
	Koki	0,10%	38,40%	0,82%	0,78%	9,44%	42,48%	7,98%
	Sarkani jumti	5,04%	3,86%	47,76%	35,69%	3,52%	3,56%	0,58%
	Pelēki jumti	4,92%	0,72%	34,69%	56,59%	2,82%	0,20%	0,06%
	Betona jumti	1,62%	30,73%	4,97%	6,40%	18,57%	29,06%	8,66%
	Zālāji	0,06%	27,39%	0,14%	0,19%	6,87%	57,08%	8,27%
	Augsne	0,00%	13,75%	0,00%	0,00%	3,87%	28,40%	53,98%
Kopējā precizitāte:							54,88%	

Kopīgais klasifikators, kurš izmanto abu attēlu datus (skat. 3.tabulu) ļauj iegūt labākus rezultātus nekā atsevišķo attēlu klasifikatori. Redzams, ka problēmas ar pelēko jumtu jaukšanu ar ceļiem ir lielā mērā atrisinātas, balstoties uz TI attēla datu izmantošanu.

3.tabula. Lauka datu apgabalu pikseļu klasifikācijas rezultāti, balstoties uz Gausa sadalījuma modeli, un izmantojot datus no abiem attēliem.

RGB+TI								
		Iegūstam						
		Ceļi	Koki	Sarkani jumti	Pelēki jumti	Betona jumti	Zālāji	Augsne
Aplūkojam	Ceļi	96,27%	0,01%	1,07%	2,56%	0,09%	0,00%	0,00%
	Koki	0,00%	89,26%	0,00%	0,00%	0,00%	10,74%	0,00%
	Sarkani jumti	0,03%	0,00%	98,93%	0,89%	0,03%	0,00%	0,11%
	Pelēki jumti	2,76%	0,00%	1,64%	91,12%	4,48%	0,00%	0,00%
	Betona jumti	0,16%	0,00%	0,20%	2,38%	97,23%	0,00%	0,03%
	Zālāji	0,00%	5,59%	0,24%	0,15%	0,00%	93,22%	0,80%
	Augsne	0,00%	0,09%	0,33%	0,00%	0,31%	2,71%	96,55%
Kopējā precizitāte:						94,96%		

Pārbaudot citu sadalījumu izmantošanu datu modelī, jāsecina, ka Gausa sadalījums datiem atbilst vislabāk. Tabulās 4-6 atainoti rezultāti, kas iegūti, izmantojot Dirihlē multidimensionālo sadalījumu, bet tabulas 7-9 atbilst gadījumam, kad izmantots gamma sadalījums. Redzams, ka rezultāti ir sliktāki nekā Gausa sadalījuma izmantošanas gadījumā. Papildus tam, jāsecina, ka TI attēla klasifikācija, izmantojot gamma sadalījumu, ir tik sliktā, ka neuzlabo, bet pat pasliktina klasifikāciju, kura tiek veikta, izmantojot abu attēlu datus.

Tika izvirzīta ideja, ka dažādu attēlu apstrādei, iespējams, ir mērķtiecīgi lietot dažādus varbūtību sadalījumus. Izmēģinātas dažādas sadalījumu kombinācijas, bet labākais kombinētais klasifikācijas rezultāts tomēr iegūts, ja abiem attēliem pielietots Gausa sadalījuma modelis.

Pētot dažādu sadalījumu izmantošanas iespējams, tika izstrādāta pieeja, kā datu modelī kombinēt vairākus varbūtību sadalījumus un izrādījās, ka šāda pieeja ir produktīva.

Ar kopīgo klasifikatoru iegūtie rezultāti, kurā katra atsevišķā attēla klasifikācijai kombinēti Gausa un Dirihlē sadalījumi, redzami 10.tabulā. Attiecīgi 11.tabulā redzami rezultāti, kuri iegūti, ja kombinē Gausa un gamma sadalījumus, 12.tabulā – Dirihlē un Gausa sadalījumu kombinācijai, bet 13.tabulā- visu 3 analizēto sadalījumu kombinācijai. Redzams, ka vislabāko rezultātu iegūstam pēdējā gadījumā. Varam izvirzīt hipotēzi, ka sadalījumu kombinēšana kompensē atsevišķo sadalījumu neatbilstības datiem un piedāvāt mērķtiecīgi izmantot šādu kombinēšanu.

Izstrādātā pieeja un daļa no iegūtajiem rezultātiem aprakstīti iesniegtajā publikācijā, kuras teksts iesniegts kā atsevišķs dokuments [6].

Tabula 4. Lauka datu apgabalu pikseļu klasifikācijas rezultāti, balstoties uz Dirihlē sadalījuma modeli, un izmantojot datus no RGB attēla.

RGB		Iegūstam						
		Ceļi	Koki	Sarkani jumti	Pelēki jumti	Betona jumti	Zālāji	Augsne
Aplūkojam	Ceļi	92,44%	0,00%	1,19%	5,48%	0,25%	0,08%	0,55%
	Koki	0,01%	75,90%	0,01%	0,33%	0,08%	23,67%	0,00%
	Sarkani jumti	0,27%	0,00%	93,33%	1,60%	0,06%	0,03%	4,71%
	Pelēki jumti	6,01%	0,00%	2,40%	87,16%	4,40%	0,02%	0,00%
	Betona jumti	0,73%	0,00%	0,28%	2,32%	96,63%	0,04%	0,00%
	Zālāji	0,03%	3,90%	0,55%	0,06%	0,18%	88,66%	6,62%
	Augsne	0,00%	0,10%	10,01%	0,00%	0,25%	1,75%	87,89%
Kopējā precizitāte:							90,65%	

Tabula 5. Lauka datu apgabalu pikseļu klasifikācijas rezultāti, balstoties uz Dirihlē sadalījuma modeli, un izmantojot datus no TI attēla.

TI		Iegūstam						
		Ceļi	Koki	Sarkani jumti	Pelēki jumti	Betona jumti	Zālāji	Augsne
Aplūkojam	Ceļi	62,87%	0,16%	5,98%	8,77%	4,32%	0,22%	17,69%
	Koki	2,79%	23,15%	5,83%	6,84%	19,33%	35,55%	6,51%
	Sarkani jumti	6,40%	5,54%	41,58%	33,48%	4,71%	6,55%	1,74%
	Pelēki jumti	8,15%	5,01%	36,41%	40,14%	5,13%	3,39%	1,76%
	Betona jumti	5,31%	18,78%	10,60%	5,84%	30,15%	20,64%	8,68%
	Zālāji	1,19%	21,46%	3,90%	3,96%	16,27%	44,12%	9,10%
	Augsne	1,74%	15,57%	4,54%	2,98%	13,94%	13,33%	47,90%
Kopējā precizitāte:							44,16%	

Tabula 6. Lauka datu apgabalu pikseļu klasifikācijas rezultāti, balstoties uz Dirihlē sadalījuma modeli, un izmantojot datus no abiem attēliem.

RGB+TI		Iegūstam						
		Ceļi	Koki	Sarkani jumti	Pelēki jumti	Betona jumti	Zālāji	Augsne
Aplūkojam	Ceļi	93,44%	0,00%	0,90%	4,58%	0,22%	0,08%	0,78%
	Koki	0,01%	76,48%	0,03%	0,36%	0,08%	23,03%	0,01%
	Sarkani jumti	0,09%	0,00%	95,54%	1,58%	0,02%	0,51%	2,26%
	Pelēki jumti	1,31%	0,00%	2,20%	92,97%	3,39%	0,14%	0,00%
	Betona jumti	0,61%	0,00%	0,04%	2,24%	95,14%	0,67%	1,31%
	Zālāji	0,02%	4,78%	2,00%	0,05%	0,18%	90,92%	2,05%
	Augsne	0,00%	0,09%	18,44%	0,00%	0,10%	9,12%	72,24%
Kopējā precizitāte:							90,70%	

Tabula 7. Lauka datu apgabalu pikseļu klasifikācijas rezultāti, balstoties uz gamma sadalījuma modeli, un izmantojot datus no RGB attēla.

RGB		Iegūstam						
		Ceļi	Koki	Sarkani jumti	Pelēki jumti	Betona jumti	Zālāji	Augsne
Aplūkojam	Ceļi	57,25%	0,00%	0,00%	0,00%	0,53%	3,00%	39,22%
	Koki	0,13%	17,94%	0,00%	0,00%	0,00%	80,89%	1,03%
	Sarkani jumti	21,13%	0,02%	0,00%	0,00%	0,18%	51,74%	26,93%
	Pelēki jumti	22,35%	0,26%	0,00%	0,00%	11,50%	53,59%	12,31%
	Betona jumti	0,11%	0,01%	0,00%	0,00%	99,35%	0,03%	0,49%
	Zālāji	4,60%	0,32%	0,00%	0,00%	0,00%	93,02%	2,06%
	Augsne	3,90%	0,00%	0,00%	0,00%	1,18%	1,95%	92,98%
Kopējā precizitāte:							71,64%	

Tabula 8. Lauka datu apgabalu pikseļu klasifikācijas rezultāti, balstoties uz gamma sadalījuma modeli, un izmantojot datus no TI attēla.

TI		Iegūstam						
		Ceļi	Koki	Sarkani jumti	Pelēki jumti	Betona jumti	Zālāji	Augsne
Aplūkojam	Ceļi	96,41%	0,38%	0,00%	3,09%	0,00%	0,00%	0,11%
	Koki	0,42%	10,11%	0,00%	1,69%	0,00%	6,98%	80,80%
	Sarkani jumti	78,08%	3,72%	0,00%	10,92%	0,00%	0,34%	6,95%
	Pelēki jumti	78,46%	3,38%	0,00%	17,41%	0,07%	0,00%	0,69%
	Betona jumti	11,36%	10,68%	0,00%	1,45%	1,47%	4,04%	70,99%
	Zālāji	0,14%	10,64%	0,00%	0,16%	0,00%	13,06%	76,00%
	Augsne	0,00%	0,45%	0,00%	0,00%	0,00%	4,16%	95,39%
Kopējā precizitāte:							32,88%	

Tabula 9. Lauka datu apgabalu pikseļu klasifikācijas rezultāti, balstoties uz gamma sadalījuma modeli, un izmantojot datus no abiem attēliem.

RGB+TI		Iegūstam						
		Ceļi	Koki	Sarkani jumti	Pelēki jumti	Betona jumti	Zālāji	Augsne
Aplūkojam	Ceļi	98,44%	0,16%	0,00%	1,04%	0,05%	0,00%	0,31%
	Koki	0,62%	15,04%	0,00%	1,27%	0,00%	81,25%	1,82%
	Sarkani jumti	82,02%	2,16%	0,02%	6,94%	0,00%	1,56%	7,30%
	Pelēki jumti	80,02%	2,12%	0,00%	12,09%	4,31%	0,59%	0,86%
	Betona jumti	9,99%	0,03%	0,00%	0,07%	31,79%	0,00%	58,12%
	Zālāji	0,15%	1,26%	0,00%	0,10%	0,00%	90,42%	8,06%
	Augsne	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,39%	98,60%
Kopējā precizitāte:							66,81%	

Tabula 10. Lauka datu apgabalu pikseļu klasifikācijas rezultāti, balstoties uz kombinētu Gausa un Dirihlē sadalījumu modeli, un izmantojot datus no abiem attēliem.

RGB+TI		Iegūstam						
Gausa+Dirihlē		Ceļi	Koki	Sarkani jumti	Pelēki jumti	Betona jumti	Zālāji	Augsne
Aplūkojam	Ceļi	95,52%	0,00%	1,44%	2,93%	0,10%	0,00%	0,00%
	Koki	0,00%	82,89%	0,03%	0,08%	0,00%	16,99%	0,00%
	Sarkani jumti	0,01%	0,00%	98,02%	1,22%	0,03%	0,00%	0,72%
	Pelēki jumti	0,65%	0,00%	1,78%	93,54%	4,02%	0,00%	0,00%
	Betona jumti	0,24%	0,00%	0,10%	2,56%	96,94%	0,00%	0,15%
	Zālāji	0,00%	3,35%	0,36%	0,08%	0,00%	95,24%	0,97%
	Augsne	0,00%	0,09%	1,39%	0,00%	0,23%	3,59%	94,70%
							95,23%	

Tabula 11. Lauka datu apgabalu pikseļu klasifikācijas rezultāti, balstoties uz kombinētu Gausa un gamma sadalījumu modeli, un izmantojot datus no abiem attēliem.

RGB+TI		Iegūstam						
Gausa+gamma		Ceļi	Koki	Sarkani jumti	Pelēki jumti	Betona jumti	Zālāji	Augsne
Aplūkojam	Ceļi	97,85%	0,01%	0,66%	1,26%	0,09%	0,00%	0,13%
	Koki	0,00%	79,35%	0,00%	0,32%	0,00%	20,33%	0,00%
	Sarkani jumti	1,47%	0,00%	85,89%	5,35%	0,03%	0,25%	6,99%
	Pelēki jumti	18,58%	0,02%	0,77%	75,24%	5,16%	0,00%	0,23%
	Betona jumti	0,38%	0,00%	0,08%	1,43%	97,97%	0,00%	0,14%
	Zālāji	0,00%	2,23%	0,05%	0,21%	0,00%	96,16%	1,35%
	Augsne	0,00%	0,03%	0,00%	0,00%	0,30%	2,21%	97,46%
							94,14%	

Tabula 12. Lauka datu apgabalū pikseļu klasifikācijas rezultāti, balstoties uz kombinētu Dirihlē un gamma sadalījumu modeli, un izmantojot datus no abiem attēliem.

RGB+TI		Iegūstam						
Dirihlē+gamma		Ceļi	Koki	Sarkani jumti	Pelēki jumti	Betona jumti	Zālāji	Augsne
Aplūkojam	Ceļi	97,63%	0,00%	1,33%	0,77%	0,11%	0,15%	0,01%
	Koki	0,00%	70,08%	0,31%	0,01%	0,00%	29,60%	0,00%
	Sarkani jumti	0,46%	0,00%	88,63%	2,25%	0,02%	2,29%	6,35%
	Pelēki jumti	7,54%	0,00%	1,38%	86,16%	4,28%	0,64%	0,00%
	Betona jumti	0,86%	0,00%	0,04%	1,10%	96,61%	0,43%	0,95%
	Zālāji	0,00%	0,62%	0,22%	0,01%	0,00%	96,75%	2,40%
	Augsne	0,00%	0,01%	0,00%	0,00%	0,08%	4,41%	95,51%
							94,56%	

Tabula 13. Lauka datu apgabalū pikseļu klasifikācijas rezultāti, balstoties uz kombinētu Dirihlē un gamma sadalījumu modeli, un izmantojot datus no abiem attēliem.

RGB+TI		Iegūstam						
Gausa+ Dirihlē+gamma		Ceļi	Koki	Sarkani jumti	Pelēki jumti	Betona jumti	Zālāji	Atklāta augsne
Aplūkojam	Ceļi	97,45%	0,00%	1,26%	1,18%	0,10%	0,00%	0,00%
	Koki	0,00%	78,94%	0,00%	0,03%	0,00%	21,03%	0,00%
	Sarkani jumti	0,23%	0,00%	91,94%	2,03%	0,03%	0,30%	5,47%
	Pelēki jumti	3,25%	0,00%	1,18%	91,18%	4,40%	0,00%	0,00%
	Betona jumti	0,40%	0,00%	0,07%	1,94%	97,38%	0,00%	0,20%
	Zālāji	0,00%	1,38%	0,16%	0,08%	0,00%	97,08%	1,29%
	Atklāta augsne	0,00%	0,05%	0,00%	0,00%	0,23%	2,87%	96,85%
							95,79%	

3. Tālīzpētes datu attēlošanas metožu izpēte (4.3)

Pētījumi šīs apakšaktivitātes ietvaros notika 2 virzienos:

- LiDAR datu modeļu veidošana un apstrāde;
- Kovariācijas attēlu veidošana

Rezultāti aprakstīti pārskatā [1]. Šajos virzienos nozīmīgi jauni zinātniski rezultāti nav gūti, bet izveidotas iestrādes turpmākiem pētījumiem un iegūtā pieredze izmantota apakšaktivitātes 4.4 izpildei (tālīzpētes datu apstrādes funkciju definēšanai).

4. Tālīzpētes datu apstrādes funkciju definēšana (4.4)

Balstoties uz pētījumiem, kas veikti apakšaktivitāšu 4.1 – 4.3 ietvaros, nedefinētas šādas tālīzpētes datu apstrādes funkcijas, kuru izpilde nepieciešama tālākiem pētījumiem EDI, un kuru nodrošināšana jāparedz paraugprojekta programmatūrā:

- Datu importa funkcijas:
 - a. Multispektrāla attēla imports no PIX formāta failiem
 - b. LiDAR datu imports no LAS formāta failiem
 - c. LANDSAT-8 multispektrālo attēlu imports
 - d. Multispektrāla attēla imports no GeoTIFF formāta failiem
 - e. Lauka datu imports no SHP failiem
 - f. Kategoriju iezīmju failu imports uz lauka datiem
- Datu apstrādes funkcijas:
 - a. Augstuma modeļu veidošana no LiDAR datiem
 - b. Attēlu veidošana no SAR datiem
 - c. MS datu radiometriskā korekcija
 - d. Objektu spektru analīze MS attēlos
 - e. Satelītu MS datu atmosfēras korekcija
 - f. Klasificējamo kategoriju formāla definēšana
 - g. Lauka datu interaktīva ievade no MS attēla;
 - h. Klasificējamo kategoriju lauka datu spektru analīze MS attēlos
 - i. Objektu klasifikatoru konstruēšana no MS datiem, balstoties uz pieejamajiem lauka datiem un ar dažādu varbūtību sadalījumu izmantošanu
 - j. Klasifikācijas rezultātu vizualizēšana, skaitlisko rezultātu noformēšana
 - k. Konsolidētās kovariācijas attēlu veidošana
 - l. Veģetācijas indeksu attēlu veidošana
 - m. Slikšņu pielietošana bināru attēlu (masku) veidošanai
- Datu eksporta funkcijas:
 - a. MS datu eksports uz GeoTIFF attēliem
 - b. Lauka datu eksports uz SHP failiem
 - c. LiDAR augstuma modeļu eksports
- Palīgfunckijas:
 - a. Tālīzpētes datu bibliotēkas caurskatīšana ar filtrēšanas un meklēšanas iespējām
 - b. MS datu vizualizācijas parametru izvēle (spektra joslas, gaišums)
 - c. MS datu vizualizācija

Šo funkciju izpildes nepieciešamība paredzēta MEDUS paraugprojekta programmatūras prasību specifikācijā [7].

5. Paraugprojekta realizācija

5.1. Programmatūras prasību specifikācijas izstrāde (5.1)

Perioda laikā EDI izstrādāja programmatūras prasību specifikāciju paraugprojektam un saskaņoja to ar partneriem SWH SETS. Uz šīs specifikācijas pamata tika izstrādāta paraugprojekta programmatūra. Specifikācija satur:

- programmatūras izpildes vides un lietošanas principu aprakstu
- galveno datu objektu modeli un aprakstu datubāzes projektēšanai
- vispārējās prasības
- funkcionālās prasības
- nefunkcionālās prasības

Specifikācija definē arī programmatūras realizācijas pamatprincipus, kas saistīti ar konkrēto pielietojuma apgabalu:

- tālzipētes datu glabāšanu failu sistēmā, datubāzē paredzot tikai laukus, kas definē saites uz tiem
- visu datu apstrādes un vizualizēšanas funkciju realizēšanu MATLAB vidē un integrēšanu programmā .NET moduļu (*assemblies*) veidā
- ērtas programmatūras paplašināšanas iespējas, integrējot jaunus moduļus un aprakstot to izsaukumus datubāzes ierakstos.

Darbs tiek organizēts pa projektiem- katras jaunas problēmas risināšanai tiek izveidots projekts un tam tiek piesaistīti gan tālzipētes dati, gan lauka dati, maskas un iezīmju faili, gan iegūtie rezultāti. Projekta datus var kopēt no viena projekta uz otru. Projektam ir īpašnieks- administrators, kurš tam piesaista lietotājus. Parasti lietotāji var darboties tikai projektos, kuriem tie piesaistīti.

Specifikācija iesniegta kā atsevišķs projekta dokuments [7].

5.2. Datu apstrādes funkciju bibliotēkas integrēšana (5.5)

Saskaņā ar specifikāciju, datu apstrādes funkcijas paredzēts realizēt MATLAB kompilējamu moduļu veidā, kuri jāintegrē programmā .NET moduļu veidā. Lai panāktu moduļu integrēšanu, izstrādāts universāls interfeiss starp .NET programmu un nokompilētajiem moduļiem. Specifikācijai pievienots piemērs, ar kura palīdzību ilustrēta .NET moduļa kompilēšana, kā arī ilustrēts šis interfeiss un parādīts, kādā veidā izsaukt programmai pievienotajos moduļos pieejamās procedūras, pārveidot datus, lai nodotu tām parametrus, kā arī saņemt rezultātus.

Visas izsaukamās funkcijas sakārtotas 3 kategorijās: importa, eksporta un apstrādes funkcijās; katrai no kategorijām paredzēts savs .NET modulis, kurš satur vairākas no ārpuses pieejamas procedūras. Katrai no šīm kategorijām paredzēta sava datubāzes tabula, kas satur funkciju izsaukšanai nepieciešamo parametru definēšanas ierakstus. Administrators, kurš pārziņ MATLAB moduļus realizētās funkcijas, sagatavo šos funkciju definēšanas ierakstus. Lai izsauktu kādu no funkcijām, lietotājam jāizvēlas tā no attiecīgās kategorijas saraksta, jādefinē izsaukumam paredzētie parametri un jāiniciē izsaukums. Konkrētai funkcijai specifiskos parametrus paredzēts nodot, izmantojot speciālu tekstveida parametru- rindu, kas satur vairākus definētus parametrus, kas atdalīti ar semikoliem. Pēc funkcijas izpildes saskaņā ar datubāzē definētajiem šīs funkcijas atgriežamajiem rezultātiem tie tiek pārrakstīti datubāzē un sasaistīti ar pašreiz izmantojamo projektu.

5.3. Paraugprojekta programmatūras funkcionāla pārbaude (5.6)

Pārskatā periodā paraugprojekta programmatūra realizēta un pārbaudīta tās funkcionēšana saskaņā ar specifikāciju. Programmatūras projekts realizēts SWH SETS, bet EDI izstrādāti MATLAB funkciju piemēri katrai no 3 funkciju kategorijām, kā arī metodes datu pārveidošanai no/uz MATLAB vidē izmantojamu formātu. MATLAB funkcijas nokompilētas .NET moduļu veidā, kas instalēti klienta datorā un piesaistīti izstrādātajai .NET programmai. Datubāzes ierakstos definēti funkciju izsaukumi un pārbaudīta to izpilde, izmantojot reālus tālizpētes datus. Funkcionālās pārbaudes rezultāti atainoti pārskatā [5].

6. Literatūra

[1] Projekts: "Multi - modeļu izstrādes tehnoloģija .NET pielietojumu projektiem" (MEDUS). Gala pārskats "Tālizpētes datu kopējas apstrādes funkcijas".

[2] Projekts: "Multi - modeļu izstrādes tehnoloģija .NET pielietojumu projektiem" (MEDUS). Aktivitātes Nr.4 "Tālizpētes datu priekšapstrādes metožu izpēte" progresa pārskats Nr.2.

[3] S. Kotz S., N. Balakrishnan, N. L. Johnson, Continuous Multivariate Distributions, Vol. 1: Models and Applications, Wiley, Jun. 2000.

[4] N. Solaro, "Random variate generation from Multivariate Exponential Power distribution", Statistica & Applicazioni, vol. II, no. 2, 2004.

[5] Projekts: "Multi - modeļu izstrādes tehnoloģija .NET pielietojumu projektiem" (MEDUS). Gala pārskats "Realizētās programmatūras funkcionāla pārbaude".

[6] A. Lorencs, I. Mednieks, M. Pukitis, J. Sinica-Sinavskis, „Fusion of Multisensor Data Based on Different Multidimensional Distributions”, iesniegts publicēšanai žurnālā „Elektronika ir Elektrotehnika.

[7] Projekts: "Multi - modeļu izstrādes tehnoloģija .NET pielietojumu projektiem" (MEDUS). Paraugprojekts MEDUSPILE. Programmatūras prasību specifikācija v.1.01.