

PĀRSKATS

PAR MEŽA ATTĪSTĪBAS FONDA PASŪTĪTO PĒTĪJUMU

<u>PĒTĪJUMA NOSAUKUMS:</u>	„Meža statistiskās inventarizācijas parauglaukumu mērījumu interpolācijas projekts, izmantojot satelītu uzņēmumu analīzes iespējas”
----------------------------	---

LĪGUMA NR.: 170707/S276

IZPILDES LAIKS: 17.07.2007 – 15.11.2007

IZPILDĪTĀJS: Latvijas Valsts mežzinātnes institūts ”Silava”

PROJEKTA VADĪTĀJS:

Juris Zariņš

Salaspils, 2007

Satura rādītājs

1.	Kopsavilkums	3
1.1.	Projekta mērķi:	3
1.2.	Uzdevumi:	3
1.3.	Rezultāti:	3
2.	Teorētiskais apskats	5
3.	Satelītu attēli	7
3.1.	IRS-P6 AWiFS	7
3.2.	IRS-P6 LISS-III	8
3.3.	DMCII	9
3.4.	LANDSAT	11
3.5.	SPOT-5	12
4.	Metodika un uzdevumu izpilde	14
4.1.	Testa teritorijas izvēle	14
4.2.	Meža maska	14
4.2.1.	Nevadītā klasifikācija	14
4.3.	Izmaiņu analīze	15
4.4.	Pētījuma darba vieta	15
4.5.	Pētījuma atbalsta datu sagatavošana	15
4.5.1.	Meža resursu monitoringa (MRM) parauglaukumi	15
4.5.2.	MRM datu bāzes kopsavilkums, attiecināts uz parauglaukumu platību. 16	
4.6.	Pētījuma klasifikācijas datu kopu sagatavošana	17
4.6.1.	Vadītās klasifikācijas datu kopas	17
4.6.2.	Pētījuma klasifikācijas kontroles datu kopu sagatavošana	17
4.6.3.	Vadītās klasifikācijas rezultātu kontroles datu kopa	17
4.7.	Attēlu pirmapstrāde	19
4.7.1.	Attēlu pirmapstrāde – ortorektificēšana	19
4.8.	Vadītā klasifikācija	20
4.8.1.	Valdošās sugas klasifikācija	20
4.8.2.	Krājas klasifikācija	21
4.8.3.	Klasifikācijas novērtēšanas datu iegūšana	22
4.9.	Izmaiņu analīze	23
5.	Rezultāti	24
5.1.	Valdošās sugas klasifikācija	24
5.1.1.	AWiFS valdošās sugas klasifikācijas novērtējums	24
5.1.2.	DMCII valdošās sugas klasifikācijas novērtējums	24
5.1.3.	LANDSAT valdošās sugas klasifikācijas novērtējums	25
5.1.4.	LIIS valdošās sugas klasifikācijas novērtējums	25
5.1.5.	SPOT-5 valdošās sugas klasifikācijas novērtējums	25
5.1.6.	Valdošās sugas novērtējuma kopsavilkums	26
5.1.7.	Valdošās sugas novērtējuma interpretācija	26
5.2.	Krājas klasifikācija	27
5.3.	Izmaiņu analīze	28
6.	Secinājumi	33
7.	Literatūras saraksts	34

1. Kopsavilkums

Projekta izpildītājs: LVMI „SILAVA”

Projekta vadītājs: Juris Zariņš

Līguma summa: 26002,81 Ls

1.1. Projekta mērķi:

Projekta mērķis ir iegūt vienas teritorijas meža statistiskās inventarizācijas mērījumu interpolācijas rezultātu salīdzinājums starp dažādu satelītu attēliem, lai noteiktu rezultātu, izmaksu optimālāko risinājumu visas Latvijas teritorijas rādītāju noteikšanai 2008. gadā.

Papildus projekta īstenošanas rezultātā tiek iegūta pieredze ar jaunu satelītu attēlu pasūtīšanu, sākotnējo apstrādi.

Kā papildus uzdevums ir jauno šī gada satelītu attēlu salīdzināšana ar pagājušā gada satelītu attēlu, lai iegūtu to pārklājošās teritorijas meža klājuma izmaiņas.

Projekta rezultātā tiek iegūta pieredze (ceļa karte) četru jaunu satelītu attēlu pasūtīšanai un apstrādei.

Veicot meža resursu monitoringa datu interpolāciju ar dažādiem attēliem, iegūta informācija par optimālāko satelītu attēlu atbilstoši tā izšķirtspējai un izmaksām.

Salīdzinot dažādus satelītu attēlus ar cita laika perioda (iepriekšējā gada) attēlu, iegūta atziņa vai izmaiņu noteikšana ir vai nav atkarīga no tieši tāda paša satelīta attēla izmantošanas, kas iespējami dod brīvāku attēlu izvēles iespēju krīzes situācijās.

Iegūtie satelītu attēli izmantojami arī citos sekojošo gadu ar meža resursu monitoringa datiem saistāmos projektu pētījumos.

1.2. Uzdevumi:

1. SPOT-5, LANDSAT, DMCII, IRS-P6 LISS-III, IRS-P6 AWiFS satelītu attēlu iegāde testa reģionam.
2. Iegādāto satelītu attēlu ortorektifikācija.
3. Meža maskas sagatavošana.
4. Meža statistiskās inventarizācijas testa reģiona datu bāzes sagatavošana.
5. Interpolācija izmantojot attālās izpētes algoritmus, nosakot valdošās koku sugas un krājas teritoriju pārklājumus.
6. Dažāda attēlu uzņemšanas laiku vienas meža teritorijas izmaiņu rezultātu iegūšana. Rezultātu novērtēšana ar statistiskajām metodēm.
7. Rezultātu salīdzināšana.

1.3. Rezultāti:

Piecu satelītu attēlu klasifikācijas rezultātā secināts, ka nosakot valdošo sugu un krāju ar vadītās klasifikācijas funkcijām, izmantojot meža resursu monitoringa parauglaukumu informāciju, rezultāti ir salīdzināmi, kas nozīmē iespēju izmantot dažādus

attēlus teritoriju klasificēšanai, tos izvēloties atkarībā no nepieciešamā rezultāta attēla pikseļu izšķirtspējas un pieejamā finansējuma apmēra attēlu iegūšanai.

Precīzākā sugas noteikšana ir priedes, egles (skuju koku) audzēs un krājas noteikšana 50 līdz 150 m³ diapazonā.

Apstiprinot 2006. gada pētījumu, kājas klasifikācija, kā arī nevadītā zemes apauguma klasifikācija, izmantojama meža teritoriju identificēšanā arī ar citiem satelītu attēliem.

Veicot dažāda laika dažādu satelītu sensoru attēlu izmaiņu salīdzināšanu secināts, ka attēlā identificējamu izmaiņu automatizēta noteikšana iespējama un iegūtie rezultāti salīdzināmi neatkarīgi no salīdzināšanai izmantotajiem satelītu datiem. Kas nozīmē nākošajā gadā nosakot izmaiņas, nav nepieciešams tā paša satelīta attēls, ja tāds nav pieejams.

2. Teorētiskais apskats

Satelītu attēlu klasifikācija, lai noteiktu dažādus meža teritoriju rādītājus liela pārklājuma teritorijām un īsā laika periodā ir visizmantotākā attālās izpētes tehnoloģija valstīs bez vispārējās vienlaidus meža inventarizācijas.

Domājot par satelītu attēlu operatīvu izmantošanu, sākot ar to pasūtīšanu, jāievēro tādas ierobežojošas lietas kā satelītu atgriešanās laiks virs konkrētās teritorijas, kas variē no dažām dienām līdz dažām nedēļām, meteoroloģisko apstākļu ietekme attiecībā uz mākoņainumu, kā arī bieži noteiktā satelītu attēlu lietošanas tiesību tirgotāju pārstāvju teritoriālā licencēšanas kārtība. Pēdējais nozīmē, ka viena un tā paša satelīta attēlu pārdevēji savā starpā ir sadalījuši zemes teritorijas un viena izmēra teritorijas attēla izcenojumi var atšķirties, piemēram, Eiropā un Āzijā par kārtu.

Izvēloties starp dažādu attēlu izšķirtspēju jāatceras sakarību – precīzāks (attēla metri apvidū) attēls nozīmē mazākas teritorijas pārklājumu, vai vairākus attēlus pret vienu attēlu vienai teritorijai, kas sekojoši nozīmē lielākas pašu attēlu izmantošanas tiesību izcenojumus un lielāku laiku un izmaksas attēlu pirmapstrādei līdz tie ir izmantojami tālākai analīzei.

Teritoriālā pārklājuma izvēle kā satelītu attēlu pielietojamības novērtējums pamatojams ar vienlaidus teritorijas ar pietuvinātiem attēla uzņemšanas apstākļiem iegūšanas iespējām. Viena attēla gadījumā tā ir informācija vienā veģetācijas attīstības stadijā (gadalaikā). Tas samazina klasifikācijas atbalsta parauglaukumu vietu datu paraugkopu, līdz ar to klasifikācijas atkārtojumu skaitu. Neizvērtēti šajā gadījumā paliek lokāli meteoroloģiskie apstākļi (nokrišņu daudzums, mitrums mežaudzē) par kuru ietekmes nozīmīgumu varētu spriest tikai izmantojot detalizētākus datus par Latvijā pieejamajiem meteostaciju novērojumiem. Kā limitējošs faktors pēc iespējas lielākas teritorijas satelītu attēla izvēlei minams mākoņainums, kas mazāku attēlu izvēles gadījumā dod iespēju izvēlēties cita pārlidojuma laika attēlu, kad liela pārklājuma attēla gadījumā atsevišķu mākoņu esamība nelielā teritorijā liedz izmantot visu attēlu vai nepieciešama sarežģīta attēlu mozaikas veidošana.

Attiecībā uz ģeometrisko – koordinātu savietojamību ar Latvijas koordinātu sistēmu, iegūstamie attēli vislabākajā gadījumā būs ļoti aptuveni novietoti apvidū. Lai iegūtu precīzus ortorektificētus attēlus, attēlu piegādātājs jānodrošina ar uz zemes virsmas mērītiem kontrolpunktiem un zemes virsmas digitālo augstuma modeli. Kā likums šāds pakalpojums nozīmīgi sadārdzina attēlu sagatavošanu.

Attiecībā uz attēlu saņemšanas formātu (attēlu vai datu formāts), iepriekš noskaidrojams vai attēla apstrādē izmantojamā attālās izpētes programmatūra vai tās licencētais līmenis nodrošina saņemto datu apskati un apstrādi. Vispārpieņemtais industrijas standarts ir GeoTiff formāts. Liela apjoma datu sadalīšanas nolūkā, lai būtu iespējama viena attēla dalīta pārsūtīšanas, iespējama arī attēlu spektra joslu nodalīšana atsevišķās datnēs, piemēram AwiFS attēla četras spektra joslas četros GeoTiff attēlos.

Geostacionārā orbīta – virs ekvatora, 36 000 km augstumā riņķo reizē ar Zemi, kas tiem prasa 23 stundas 56 minūtes un 4 sekundes. Izmantojama orbīta komunikāciju, satelītu televīzijas un globālās navigācijas korekcijas satelītiem.

Polārā orbīta – šķērso zemes ziemeļu un dienvidu polus augstumā no 200 līdz 1000 km. Nodrošina visas zemes teritorijas novērošanas iespējas.

Saules sinhronā orbīta ir polārā orbīta ar riņķošanu 600 līdz 800 km augstumā reizē ar Sauli, kas nepieciešama novērojumiem ar vienmēr identisku Saules staru krišanas leņķi.

Satelītu attēlu izmaiņu analīze ir standartfunkcija attālās izpētes materiālu analīzes programmatūrās, kas nosaka dažāda laika vienas teritorijas notikušās izmaiņas apvidū (veģetācijā), kas atspoguļojas attēlu spektra joslu vērtību izmaiņās. Standarta procedūra („change detection”) veic divu rastra attēlu spektra vērtību matemātisko salīdzināšanu. Atsevišķās attēlu apstrādes programmās, kā IDRISI tā apvienojumā ar nevadīto klasifikāciju (attēla sadalīšana zemes virsmas seguma klasēs) dod izmaiņu analīzi sadalījumā, piemēram, lauksaimniecības teritorija nomainījusies ar meža teritoriju vai ūdenskrātuvi.

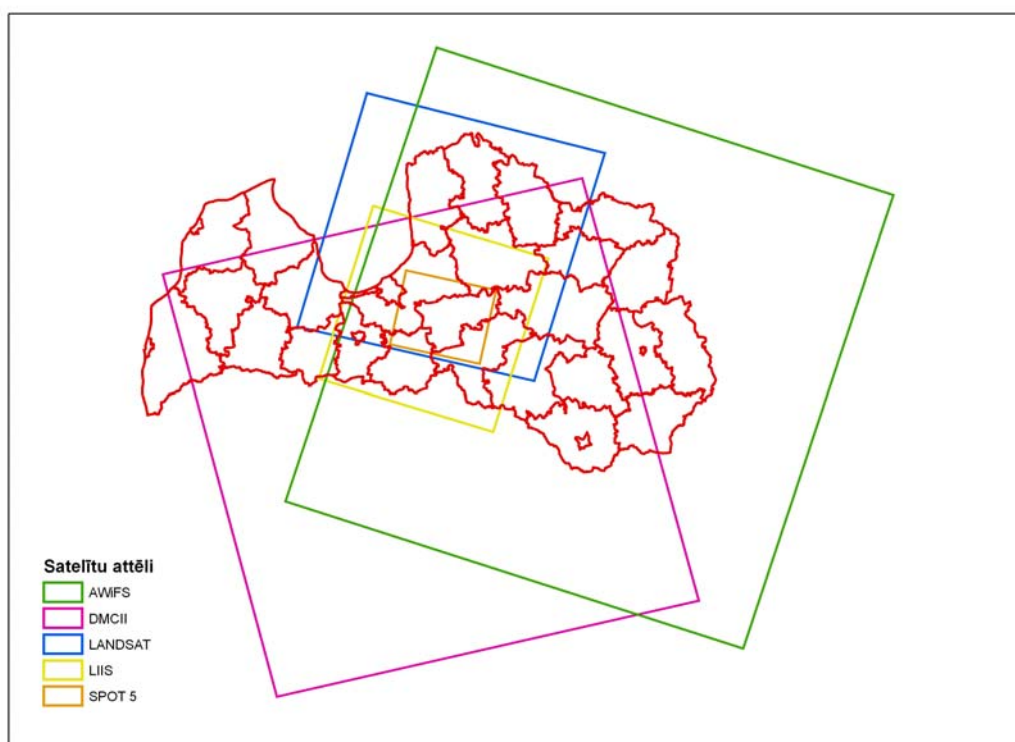
Attiecībā uz meža teritoriju izmaiņu, satelītu attēlu izmaiņu analīzei nepieciešama attēla infrasarkanā daļa, kas satur sevī veģetācijas biomasas daudzuma informāciju. Tiek izmantota arī veģetācijas indeksu aprēķinu standarta funkciju aprēķinos, kā, piemēram, NDVI.

3. Satelītu attēli.

Lai nākotnes pētījumi, sakarā ar iespējamiem meteoroloģiskiem ierobežojumiem, netiktu nepamatoti ierobežoti ar atsevišķu satelītu attēlu izmantošanu, projekta primārais uzdevums ir gūt pieredzi jaunu, Latvijā meža nozarē vēl neizmantotu, attēlu izmantošanā. Mērķis – ar dažādu attēlu klasifikāciju pamatot rezultātu samērojamību.

Arī veicot izmaiņu salīdzināšanu izmantojot jaunus 2007. gada satelītu attēlus ar iepriekšējā pētījuma gada vienu SPOT 5 satelītu attēlu, mērķis ir apstiprināt ar Latvijas pieredzi iespēju noteikt izmaiņas neatkarīgi no sensora veida.

Pētījumā izmantoti AWiFS, LIIS, LANDSAT, DMCII un SPOT 5 2007. gada un SPOT 5 2006. gada satelītu attēli.



1. attēls Satelītu attēlu teritoriju pārklājums.

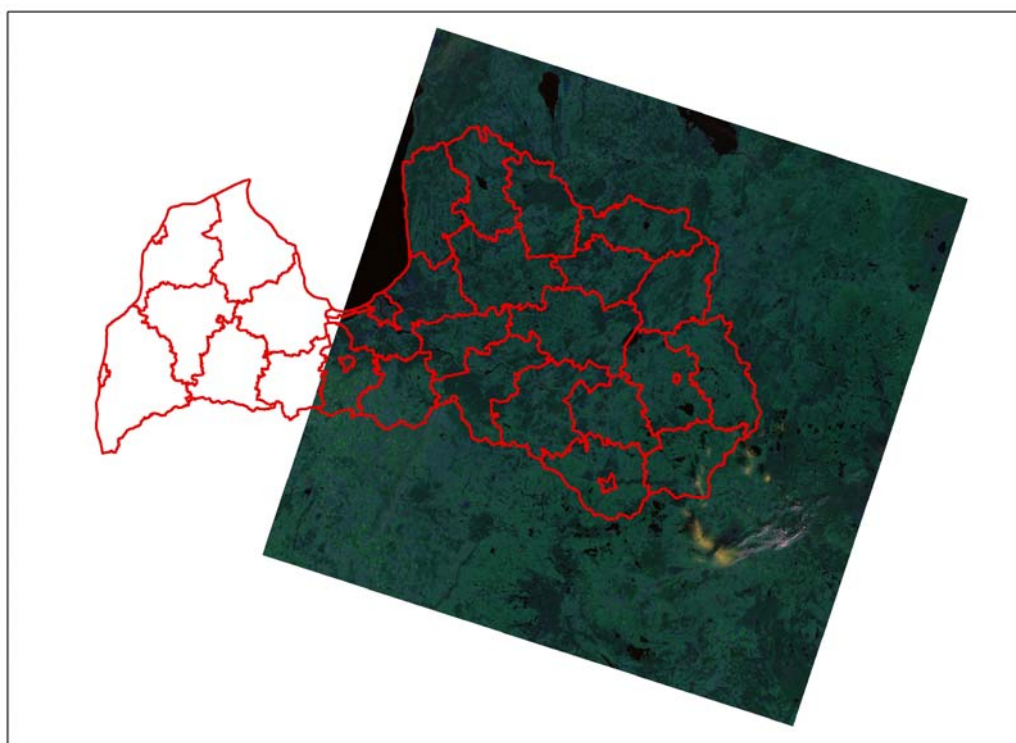
3.1. IRS-P6 AWiFS

Satelītu attēla iegūšanai izmantots IRS-P6 Resourcesat-1 satelīts, kas veiksmīgi palaists un polārajā orbitā ievadīts 2003. gada 17. oktobrī, kas, ir jauna salīdzinājumā ar visplašāk izmantotajām LANDSAT 5 un 7 misijām.

Satelīta attēls projekta vajadzībām tika saņemts GeoTiff formātā sadalīts atsevišķos attēlos pa spektra joslām (Fast Format). Tas pirms tālākas attēla ģeometriskās apstrādes un testa teritorijas izvēles, prasīja šo joslu apvienošanu vienā attēlā.

1. Tabula. AwiFS attēla specifikācija.

Nr.	Specifikācija	Prasības
1.	Veids:	Multispektrālais
2.	Spektra joslas: 1) zaļā 2) sarkanā 3) tuvu infrasarkanā 4) īsviļņu infrasarkanā	0,52 – 0,59 μm 0,62 – 0,68 μm 0,77 – 0,86 μm 1,55 – 1,70 μm
3.	Spektra joslu izšķirtspēja: 1 līdz 3	~ 60 m
6.	Izmērs:	~ 370 x 370 km



2. attēls AwiFS attēls.

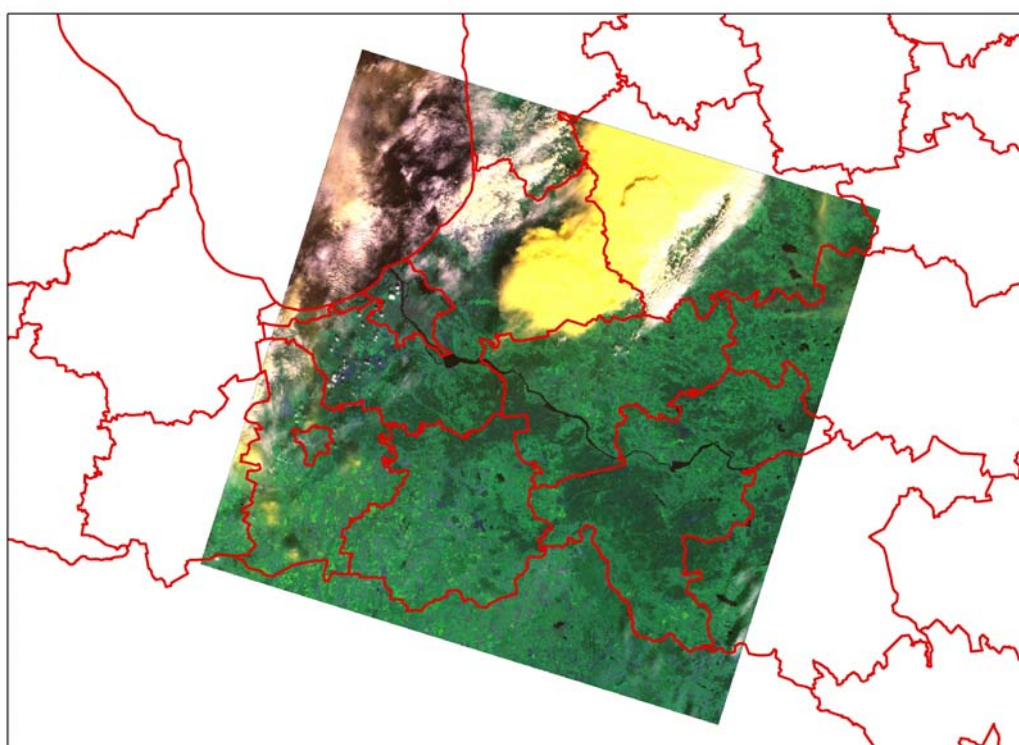
3.2. IRS-P6 LISS-III

Satelītu attēla iegūšanai, līdzīgi kā arī AWiFS attēlam, izmantots IRS-P6 Resourcesat-1 satelīta otrs sensors LIIS.

Satelīta attēls projekta vajadzībām tika saņemts GeoTiff formātā sadalīts atsevišķos attēlos pa spektra joslām (Fast Format). Tas pirms tālākas attēla ģeometriskās apstrādes un testa teritorijas izvēles, prasīja šo joslu apvienošanu vienā attēlā.

1. Tabula. AwiFS attēla specifikācija.
2.

Nr.	Specifikācija	Prasības
1.	Veids:	Multispektrālais
2.	Spektra joslas: 1) zaļā 2) sarkanā 3) tuvu infrasarkanā 4) īsviļņu infrasarkanā	0,52 – 0,59 μm 0,62 – 0,68 μm 0,77 – 0,86 μm 1,55 – 1,70 μm
3.	Spektra joslu izšķirtspēja: 1 līdz 4	~ 23 m
6.	Izmērs:	~ 140 x 140 km



3. attēls LIIS attēls.

3.3. DMCII

DMCII (Disaster Monitoring Constellation International Imaging Ltd) ir starptautisks projekts, kura ietvaros, lai nodrošinātu iespējami biežāku un lielāku teritorijas pārlūkošanu, ir izveidots mikrosatelītu „zvaigznājs”, kas nodrošina viena no tā dalībnieka atgriešanās laiku vienas dienas ietvaros. Līdz 2006. gadam tas bija piecu satelītu komplekts, kuru katra nodrošina – pārvalda savā dalībvalstis.

2008. gadā paredzēta divu jaunu satelītu pievienošana sistēmai ar jau precīzāku – 22m izšķirtspēju, saglabājot iepriekšējo maksimālo teritorijas pārsegumu – 600 x 600 km.

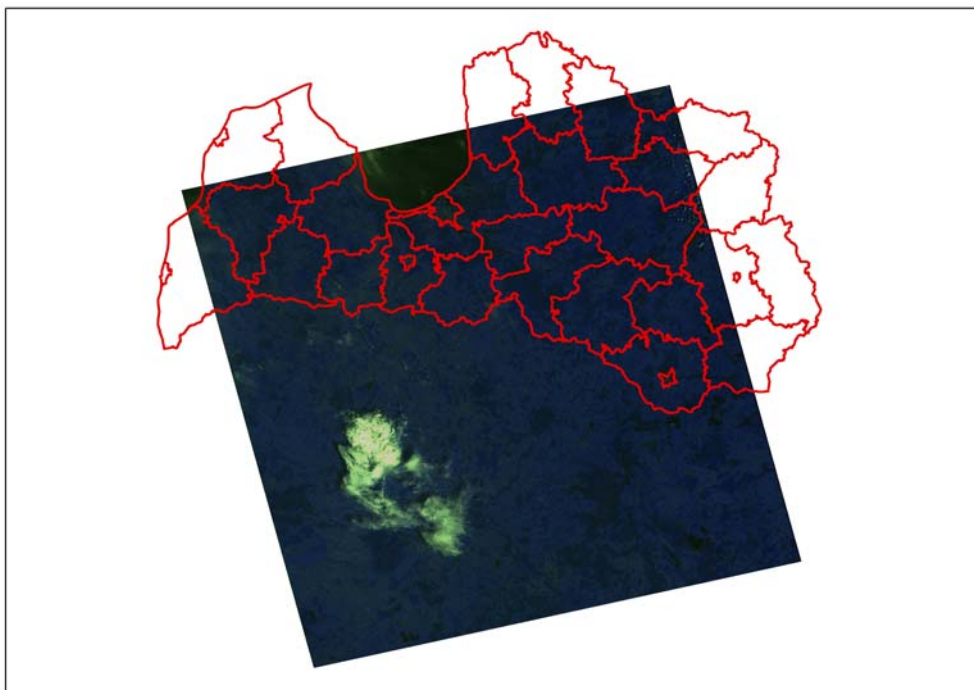
DMC+4 satelītu informācija izmantota šogad sagatavojot visām Eiropas savienības valstu Lauku atbalsta dienesta veida organizācijām, attiecīgās valsts visas teritorijas pārklājumu ar 4m melnbalto satelītu attēliem.

3. Tabula. DMC satelītu informācija.

Valsts	Nosaukums	Veids	Attēlu veids	Palaišanas gads
Alžīra	Alsat-1	DMC	32m multispektr.	2002
Ķīna	Beijing-1	DMC+4	32 multispektr./4m MB	2005
Nigērija	Nigeriasat-1	DMC	32m multispektr.	2003
Turcija	Bilsat-1	Misija pabeigta 2006. gadā		
Anglija	UK-DMC	DMC	32m multispektr.	2003
Spānija	Deimos-1	DMC	22m multispektr.	2008
Anglija	UK-DMC2	DMC	22m multispektr.	2008

4. Tabula. DMCII attēla specifikācija.

Nr.	Specifikācija	Prasības
1.	Veids:	Multispektrālais
2.	Spektra joslas: 1) tuvu infrasarkanā 2) sarkanā 3) zaļā	0,77 – 0,90 μm 0,63 – 0,69 μm 0,52 – 0,60 μm
3.	Spektra joslu izšķirtspēja: 1 līdz 3	~ 32 m
6.	Izmērs:	virs 300 x 300 km



4. attēls DMCII attēls.

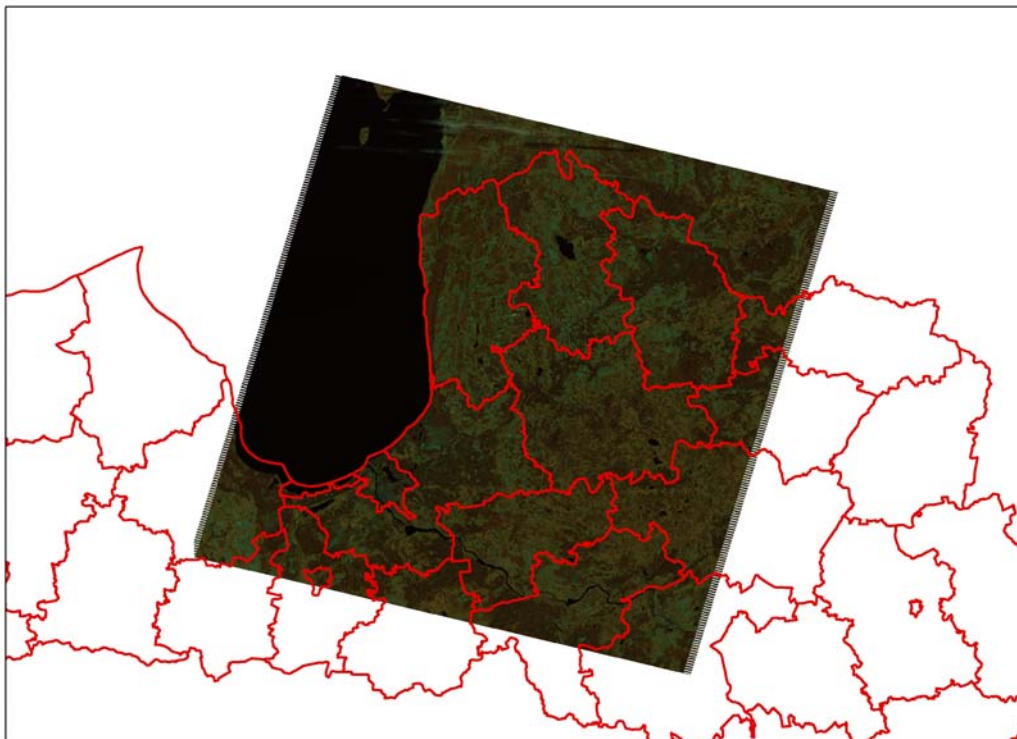
3.4. LANDSAT

Meža nozarē starptautiski visplašāk un senāk (no 1972. gada) izmantotais satelīts. Bijušas septiņas misijas no kurām reāli funkcionējuši divi - LANDSAT-5 un LANDSAT-7 satelīti ar 14. dienu (katra atsevišķa) atgriešanās laiku. Kopš 2003. gada maija tehnisku iemeslu dēļ nav iespējama LANDSAT – 7 jaunu attēlu iegūšana. Pēc pēdējās informācijas kopš šī gada 6. oktobra bateriju problēmu dēļ nav iespējama arī LANDSAT – 5 jaunu attēlu iegūšana.

LANDSAT attēls piegādāts FAST attēlu formā, kas nozīmē katras spektra joslas piegādi atsevišķā datnē.

5. Tabula. LANDSAT attēla specifikācija.

Nr.	Specifikācija	Prasības
1.	Veids:	Multispektrālais
2.	Spektra joslas: 1) zilā - zaļā 2) zaļā 3) sarkanā 4) tuvu infrasarkanā 5) vidējā infrasarkanā 6) termālā infrasarkanā 7) īviļņu infrasarkanā 8) pelēko toņu	0,45 – 0,52 μm 0,53 – 0,61 μm 0,63 – 0,69 μm 0,75 – 0,90 μm 1,55 – 1,75 μm 10,4 – 12,5 μm 2,09 – 2,35 μm 0,52 – 0,90 μm
3.	Spektra joslu izšķirtspēja: 1 līdz 5 6 7 8	30 m 120 m 30 m 15 m
6.	Izmērs:	~ 180 x 180 km



5. attēls LANDSAT attēls.

3.5. SPOT-5

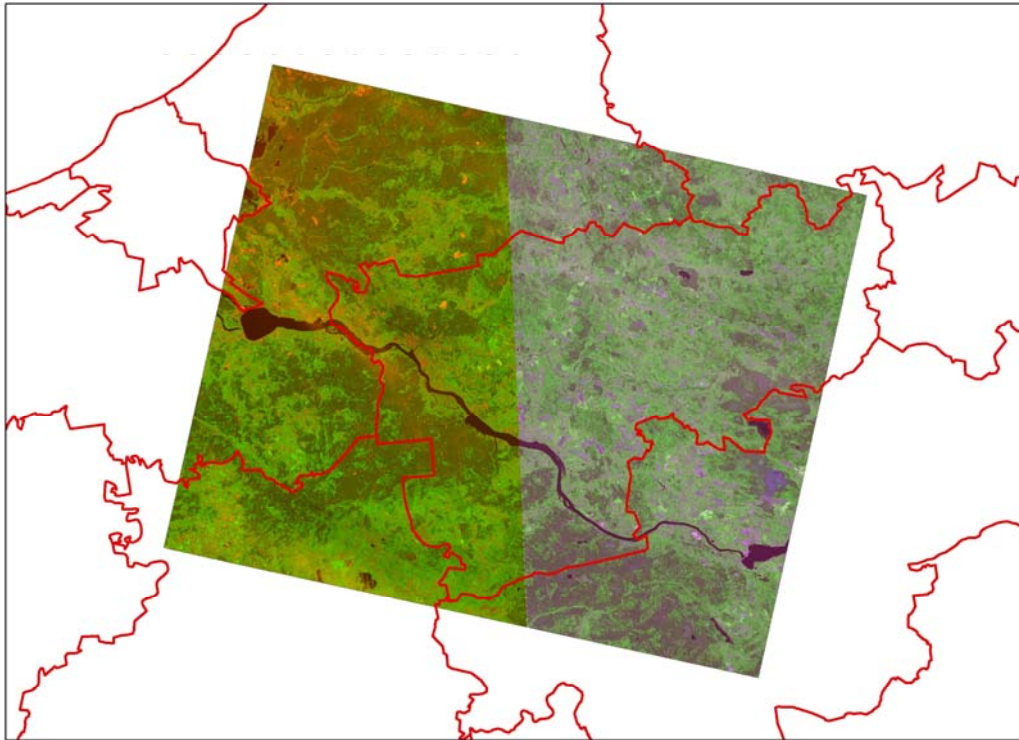
Franču kompānijas satelītu kopuma (SPOT-2, SPOT-4 un SPOT-5) viena satelīta attēls. Kopā visi trīs minētie satelīti nodrošina vienas dienas jebkuras teritorijas pārlidošanu. Atšķirībā no DMCI satelītiem, tie nodrošina augstāku izšķirtspēju, bet mazāku teritorijas pārsegumu. Eiropā plaši tiek izmantoti kadastra kārtošanai lielākām valstīm, kur nav iespējama visas teritorijas ortofoto attēlu bieža sagatavošana. Tādēļ to krāsu izšķirtspēja ir no 2,5m līdz 20m.

Pētījumā izmantotais satelītu attēls ir ar 2,5 metru izšķirtspēju un piegādāts, attēla lielā datu apjoma dēļ divos aptuveni 1,2 GB lielos GeoTiff attēlos.

6. Tabula. SPOT-5 attēla specifikācija.

Nr.	Specifikācija	Prasības
1.	Veids:	Multispektrālais
2.	Spektra joslas: 1) zaļā 2) sarkanā 3) tuvu infrasarkanā 4) vidējā infrasarkanā 5) pelēko toņu	0,50 – 0,59 μm 0,61 – 0,68 μm 0,78 – 0,89 μm 1,58 – 1,75 μm 0,48 – 0,71 μm
3.	Spektra joslu izšķirtspēja:	

	1 līdz 3 4 5	10 m 20 m 5 m
6.	Izmērs:	60 x 60 km



6. attēls SPOT-5 attēls.

4. Metodika un uzdevumu izpilde

4.1. Testa teritorijas izvēle

Testa teritorija izvēlēta vietā, kur visi satelītu attēli pārklāj vienu teritoriju, kā arī nevienā no tiem nav klasifikāciju traucējoša mākoņu seguma. Kā testa teritorijas izvēles pamatojums ir arī iepriekšējā gada pētījuma vieta un šī – 2006. gada pieejamais SPOT-5 satelītu attēls.

Vienas testa teritorijas izvēle pamatojama arī ar vienotas klasifikācijas un kontroles parauglaukumu datu bāzes – paraugkopas izmantošanu, kas samazina nepieciešamos resursus un pamato rezultātu salīdzināmību.

4.2. Meža maska

4.2.1. Nevadītā klasifikācija

Attēlu analīzi ierobežojoša teritorija, kas nepieciešama, lai samazinātu attēlu apstrādes laiku un vizuāli veidotu iegūstamos rezultātus tikai meža teritorijām. Lai iegūtu meža masku, tiek izmantota nevadītās klasifikācijas ISO funkcija.

Šāda pieeja, salīdzinājumā ar ārvalstu pieredzi, kur meža maskas vajadzībām tiek izmantota topogrāfiskās kartes meža slāņa informācija, izmantojama, jo pieminētā nepieciešamā topogrāfiskā informācija Latvijā nav pieejama aktuāla informācija, piemēram, piekļautas aizaugušas lauksaimniecības zemju teritorijas.

ISO klasifikācijā tiek izdalītas 7 apauguma klases, kuras tālāk tiek sadalītas ūdeņos, mežos un lauksaimniecības zemēs.



7. attēls. Nevadītās klasifikācijas rezultāts testa teritorijā.

4.3. Izmaiņu analīze

Izmaiņu analīzei izmantoti jaunie satelītu attēli un iepriekšējā gada pētījuma teritorijas SPOT satelītu attēls. Izmaiņas tiek iegūtas izmantojot attālās izpētes izmaiņu analīzes algoritmu „change detection”. Analīzes pricesā tiek salīdzinātas attēlu spektra joslu, kurās parādās biomasas daudzums (IR) izmaiņas.

4.4. Pētījuma darba vieta

Attēlu klasifikācijai izmantota iepriekšējā gada projekta rezultātā izveidotā darba vieta ar datortehniku un attālās izpētes programmu ERDAS IMAGINE 9.0. Minētā programmatūra pilnībā nodrošina pētījumam nepieciešamo funkcionalitāti pēc dažādu satelītu dažādu attēlu formātu konvertācijas iespējām, to tālāku ortorektifikāciju, pētījuma testa teritorijas attēlu daļas izgriešanu, nevadīto un vadīto klasifikāciju, kā arī rezultāta novērtēšanu vai statistisko teritorijas analīzi.

Papildinājums šī gada projektam ir šīs attēlu analīzes darba stacijas programmatūras uzturēšana, kas nodrošina jaunākās programmas versijas saņemšanu.

4.5. Pētījuma atbalsta datu sagatavošana

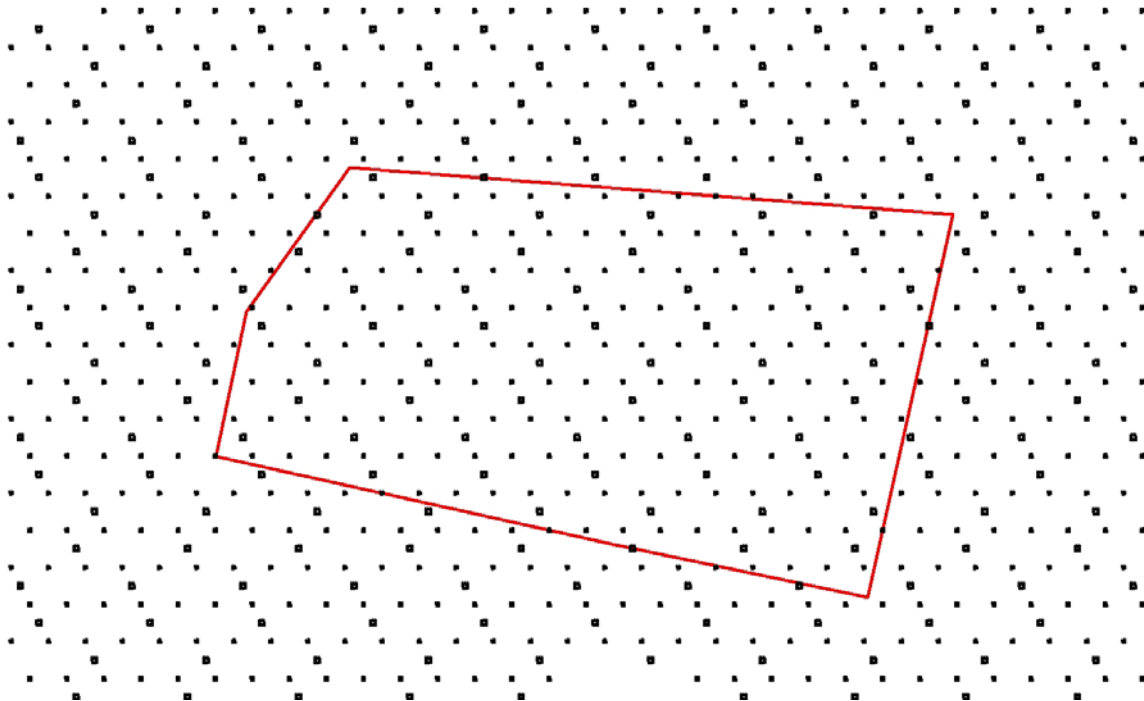
4.5.1. Meža resursu monitoringa (MRM) parauglaukumi.

Sagatavoti MRM parauglaukumu riņķa līniju poligoni (grafiskā daļa), kas nepieciešami klasifikācijas raksturīgo laukumu apzīmēšanai attālās izpētes programmatūrā. Pamatprincips – norādīto raksturīgo atbalsta laukumu līdzīgu teritoriju atrašana satelītu attēlā.

Lai izmēģinātu iespējas veikt neliela izmēra teritoriju klasifikāciju, no atlasītajiem parauglaukumiem valdošajai sugai un krājai sagatavoti riņķveida poligoni ar diametru 12,62m.

Pamatklasifikācijai no atlasītajiem parauglaukumiem valdošajai sugai un krājai sagatavoti riņķveida poligoni ar diametru 25,24m, kas atbilst meža resursu monitoringa kopējam parauglaukumam.

Lai būtu salīdzināmi dažādu satelītu attēlu klasifikācijas rezultāti, tai tiek izmantota viena datu kopa.



8. attēls. Visu gadu MRM parauglaukumu riņķi izvēlētajā testa teritorijā.

Katram parauglaukuma poligonam izveidots identifikators atbilstoši MRM metodikai un esošajai datu bāzei, lai būtu iespējama ģeogrāfiskā informācijas slāņa izveidošana, pievienojot MRM datu bāzi. Tas ļauj veikt tālākas ģeogrāfiskās datu atlasē un analīzes, kas nepieciešamas konkrētu klasifikācijas laukumu atlasē.

No visas Latvijas teritorijas parauglaukumiem telpiski atlasīti laukumi, kas sakrīt ar testa teritoriju, kā arī atlasīti tie, kas ir apsekoti MRM projekta iepriekšējos gados.

4.5.2. MRM datu bāzes kopsavilkums, attiecināts uz parauglaukumu platību.

Lai katru parauglaukuma poligonu attiecinātu uz konkrētu koku sugu vai audzes krāju, sagatavota MRM iepriekš apsekoto parauglaukumu kopējā datu bāze, kurā atsevišķu koku mērījumu rezultāti attiecināti uz kopējo parauglaukuma platību. Šajā datu bāzē lietotais identifikators ir atbilstošs iepriekš sagatavotajai parauglaukumu grafiskajai daļai.

Bez identifikatora atlasē un vērtību interpolēšanai lietojamie lauki ir:

- IdentNr – parauglaukuma identifikators, kurš satur TKS-93 Latvijas karšu lapu nomenklatūras M 1:1000 lapu numuru un MRM trakta parauglaukumu numurus no 1 – 4 pastāvīgajiem un 1- 8 pagaidu parauglaukumiem;
- Zemjukateg. – zemju kategorijas klasifikatora numerāciju;
- Platība m² – parauglaukuma vai tā daļas, gadījumos, kad parauglaukumu daļa dažāda raksturojuma mežaudzes, platība;

- Vald. suga – valdošās sugas kodējuma numurs, kas atbilst arī meža valsts reģistra sugu kodējumam;
- Vecums – mežaudze vecums;
- KOPKRAJA – mežaudzes krāja.

4.6. Pētījuma klasifikācijas datu kopu sagatavošana

4.6.1. Vadītās klasifikācijas datu kopas

Kopā testa teritorijā atlasīti 65 MRM parauglaukumu poligoni ar tiem pievienotu mērījumu datu bāzi. Šajos parauglaukumos pārstāvētas valdošās koku sugas: priede, egle, bērzs, melnalksnis, apse un baltalksnis. Pārējās sugas nelielās pārstāvniecības parauglaukumos dēļ netika apskatītas.

Vadītās klasifikācijas būtība un ERDAS IMAGINE pārstāvētā klasifikācijas funkcionalitāte paredz viena raksturojuma – viena parauglaukuma līdzīgu apgabalu klasificēšanu.

Krājas klasifikācijai izmantota šī pati 65 parauglaukumu datu kopa. Lai samazinātu klasifikācijas iedalījumu, krājas gradācija noteikta piecās pakāpēs: līdz 50 m³, no 50 līdz 100 m³, no 100 līdz 150 m³, no 150 līdz 200 m³ un virs 200 m³.

Visas sagatavotās klasifikācijas datu kopas ir ESRI *.shp poligonu datu slāņi ar jau pievienotu MRM mērījumu datu bāzi.

4.6.2. Pētījuma klasifikācijas kontroles datu kopu sagatavošana

Pētījumu klasifikācijas kontroles datu kopa tiek sagatavota kā daļa no meža resursu monitoringa parauglaukumu punktiem, pieņemot ka ar vienu, piemēram, kādas sugas parauglaukumu klasificētās teritorijas attēlā sakrīt ar pārējiem šīs sugas parauglaukumu mērījumiem.

4.6.3. Vadītās klasifikācijas rezultātu kontroles datu kopa

Vadītās klasifikācijas rezultātu kontrolei tiek izmantoti 65 MRM parauglaukumi, gan valdošās sugas gan krājas klasifikācijas novērtēšanai.

7. Tabula. MRM parauglaukumu saīsināta tabula.

X_COORD	Y_COORD	IDENTIFIKA	NOSAUKUMS	GADS	VALD_SUGA	KOPKRAJA
560500	6270525	3341531135	Jaunjelgava mežs	2004	1	345
576500	6278525	3344114235	Aizkraukles pag.	2004	4	186
560025	6270500	3341531137	Jaunjelgava mežs	2004	4	2
530000	6282975	3334223131	Jaunģediņi pagaidu	2004	6	1
521125	6276850	3333152231	Dzelzāmurs mežs	2004	3	149
535125	6288850	3334334131	Tome Strauti	2004	4	41

551125	6296850 3343512231	Glāžšķūnis Vecstakari	2004	9	169
565150	6284625 3343245134	Skrīveru pag. Dravnieki	2004	6	9
571350	6264875 3341355232	Dobeļa dīķis Dzelsceļš	2004	4	51
525350	6284875 3334215132	Baldone-Kalēji	2004	4	197
565350	6284875 3343245132	Skrīveru pag. Dravnieki	2004	3	10
521350	6292875 3333453232	Ķekava-Pulkarne-Baldone-	2004	1	249
521375	6276650 3333152233	Dzelzāmurs mežs	2004	4	231
565375	6284650 3343245133	Skrīveru pag. Dravnieki	2004	8	28
528475	6279000 3334114433	Zvirgzde pagaidu	2005	1	298
528500	6278525 3334114435	Zvirgzde pagaidu	2005	1	0
542025	6266500 3332442337	Valle rajonu robeža	2005	9	130
528000	6278975 3334114431	Zvirgzde pagaidu	2005	1	178
542000	6298975 3334544331	Ogre mežs pagaidu	2005	1	0
559125	6272850 3341523531	Žīdupīte	2005	1	375
509125	6276850 3333122531	Iecava dzelzceļš	2005	4	0
529125	6284850 3334215531	Ģediņkalns Bēčupīte	2005	3	115
559125	6296850 3343522531	Bekas Muižnieki	2005	3	2
559150	6272625 3341523534	Žīdupīte	2005	1	46
519150	6280625 3333241534	Dzelzāmurs Salas	2005	6	447
559150	6280625 3343221534	Jumprava dīķīši	2005	9	119
579150	6288625 3344314534	Lobes ez.	2005	4	1
549375	6268650 3332454533	Lāčplēsis Vāveres	2005	4	67
559375	6272650 3341523533	Žīdupīte	2005	1	307
549375	6276650 3334152533	Birzgale Jauntīrumnieki	2005	4	0
519375	6288650 3333344533	Baldones pag. Mazcirpji	2005	1	0
559375	6288650 3343324533	Lēdmane mežs	2005	3	234
579375	6288650 3344314533	Lobes ez.	2005	4	0
529350	6268875 3332414532	Stelpe Žubi	2005	9	325
539350	6272875 3332533532	Vecumnieki Talķe	2005	1	167
559350	6272875 3341523532	Žīdupīte	2005	1	176
529350	6276875 3334112532	Zvirgzde Vācbergi	2005	4	114
519350	6288875 3333344532	Baldones pag. Mazcirpji	2005	8	0
569350	6292875 3343443532	Rudiņi Jaunuženi	2005	9	0
567125	6264850 3341345331	Menta Dzeņupīte	2006	4	167
573125	6268850 3341454431	Sērene Rūķu purvs	2006	1	0
547125	6280850 3334251331	Širmelī Ķezberes	2006	9	236
533125	6284850 3334225431	Rūsiņupīte mežs	2006	1	0
523125	6288850 3333354431	Baldone miests	2006	12	7
583125	6288850 3344324431	Ozoli Šķibes purvs	2006	1	8
577125	6292850 3344413331	Sivenīcas purvs	2006	1	48
547150	6264625 3332355334	Valle Svētupes	2006	4	0
567150	6264625 3341345334	Menta Dzeņupīte	2006	4	3
563150	6272625 3341533434	Zaķi Grāvji	2006	6	81
537150	6276625 3334132334	Birzgales pag. Sodums	2006	3	290
513150	6284625 3333235434	Medņu tīrelis	2006	1	184
537150	6292625 3334433334	Grīvas Kausu purvs	2006	1	357
567150	6296625 3343542334	Madliena Mākani	2006	4	0
547375	6264650 3332355333	Valle Svētupes	2006	35	20
573375	6268650 3341454433	Sērene Rūķu purvs	2006	6	218
577375	6276650 3344112333	Aizkraukle Ritessalas	2006	3	11
513375	6284650 3333235433	Medņu tīrelis	2006	1	26

577375	6292650 3344413333	Sivenīcas purvs	2006	1	15
553375	6300650 4321111433	Suntažu pag. puduris	2006	4	20
547350	6264875 3332355332	Valle Svētupes	2006	21	9
517350	6276875 3333142332	Iecavas stacija mežs	2006	6	717
583350	6288875 3344324432	Ozoli Šķibes purvs	2006	1	17
554475	6267000 3341412533	Lāčplēša mežn. pagaidu	2006	3	67
510000	6274975 3331535131	Iecava Pēkuļi	2006	1	0
554000	6298975 3343514531	Glāžšķūnis Zilgalvji	2006	9	0

4.7. Attēlu pirmapstrāde

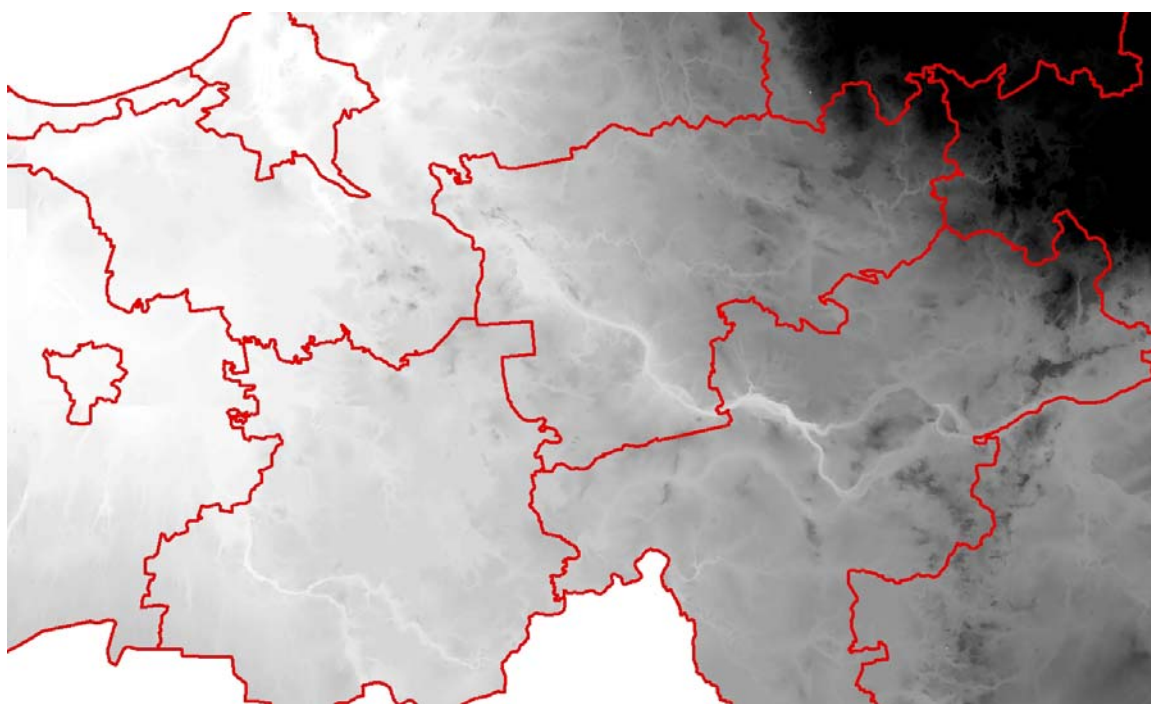
4.7.1. Attēlu pirmapstrāde – ortorektificēšana

Lai nodrošinātu attēla klasifikācijas atbalsta parauglūkumu ģeogrāfisko atbilstību, nepieciešama sākotnēji saņemtā attēla papildus korekcija.

Parasti ģeometriskajai korekcijai tiek izmantoti GPS mērījumi uz korigējamā attēla atpazīstamiem zemes virsmas objektiem. Šajā gadījumā kā korekcijas punkti izmantoti Latvijas ģeotelpiskās aģentūras sagatavoto ortofoto atpazīstamu objektu koordinātes, jo to katra pikseļa koordinātes sagatavotas atbilstoši fotogrammetrijas noteikumiem.

Ģeometriskajai korekcijai izmantots Latvijas ģeotelpiskās informācijas aģentūras satelītu kartes reljefa informācija ESRI grid formātā ar pikseļa izšķirtspēju 50 x 50 m.

Izmantotā funkcionalitāte: Raster Tools - Geocorrect Image, Set Geometric Model – Spot, pēc attēla mērvienību un zemes virsmas izejas materiālu izvēles nosaka kontrolpunktu sagatavošanas avotu, kas iepriekš minēts kā no ortofoto nolasīta punktu koordinātu informācija. Iespēja ir arī norādīt kontrolpunktus digitizējot uz planšetes, izvēloties iepriekš sagatavotu kontrolpunktu informāciju ASCII vai *.gcc formātā.



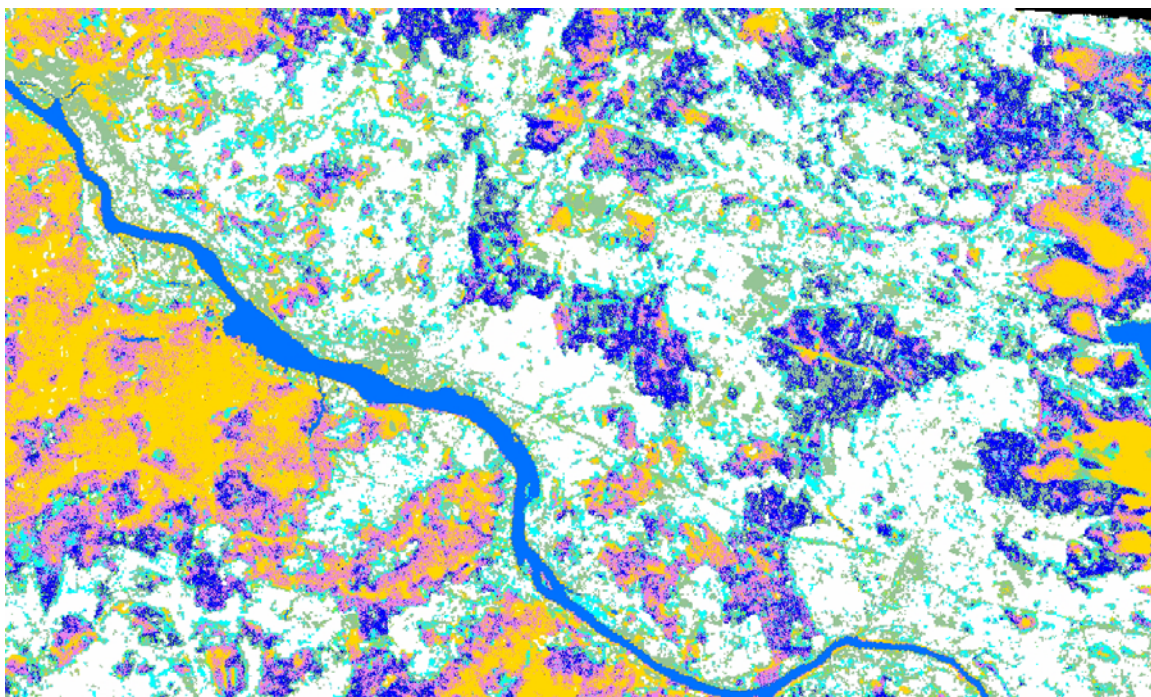
9. attēls. Virsmas modelis.

4.8. Vadītā klasifikācija

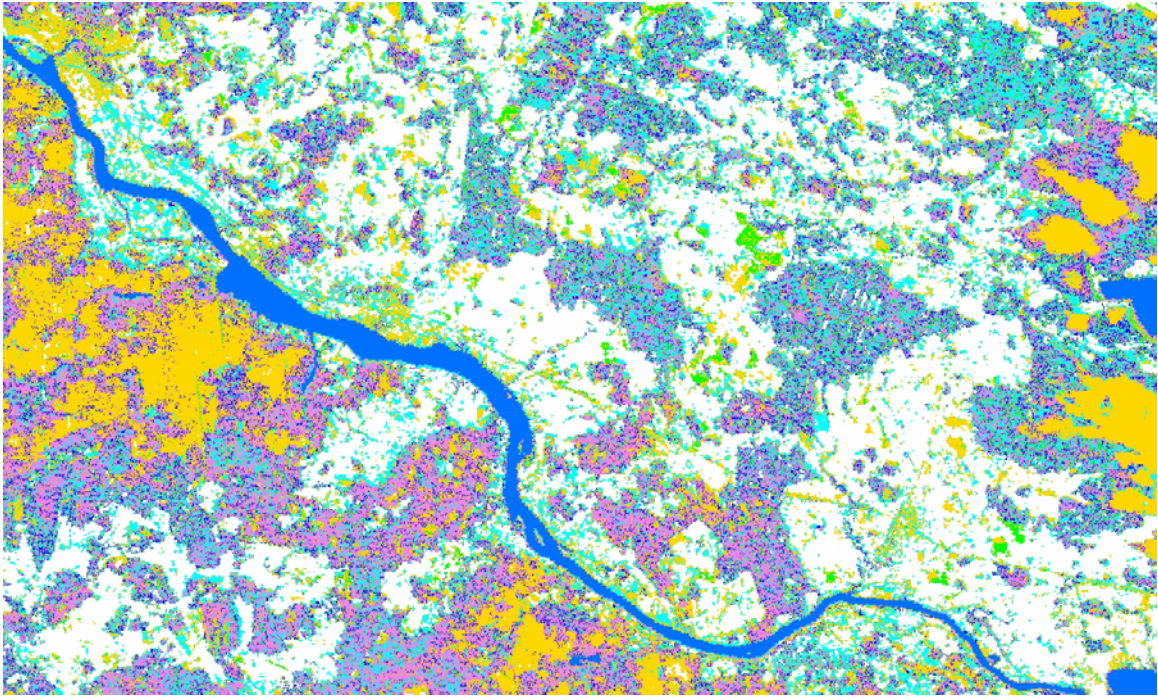
Vadītās klasifikācijas veikšanai izmantota ERDAS vadītā klasifikācija Maksimuma varbūtības klasifikators (Maximum likelihood). Būtība ir parauglaukumu teritorijās iegūtās informācijas vietu spektrālā parauga (spectral signature) datu kopas sagatavošana un pārējās attēla teritorijas pikseļu salīdzināšana ar šo informāciju.

4.8.1. Valdošās sugas klasifikācija

Lai varētu salīdzināt dažādu satelītu attēlu klasifikācijas rādītājus, vadītajai klasifikācijai izmanto vienus, atbilstoši MRM parauglaukumiem sagatavotos atbalsta datus. Klasificējot visus satelītu attēlus, iegūst jaunu klasifikācijas rezultātu rastra attēlu, kura pikseļi ir sadalīti klasificētajās vērtībās vai neklasificētajās teritorijās. Ja sagatavojot spektrālā parauga attēlu spektra klasei piešķir arī vizuālo krāsojumu atbilstoši nozares nosacītajiem mežaudžu plānu standartiem, klasificētie rezultāti ir vizuāli atpazīstami arī citās attēlu apskates datorprogrammās.



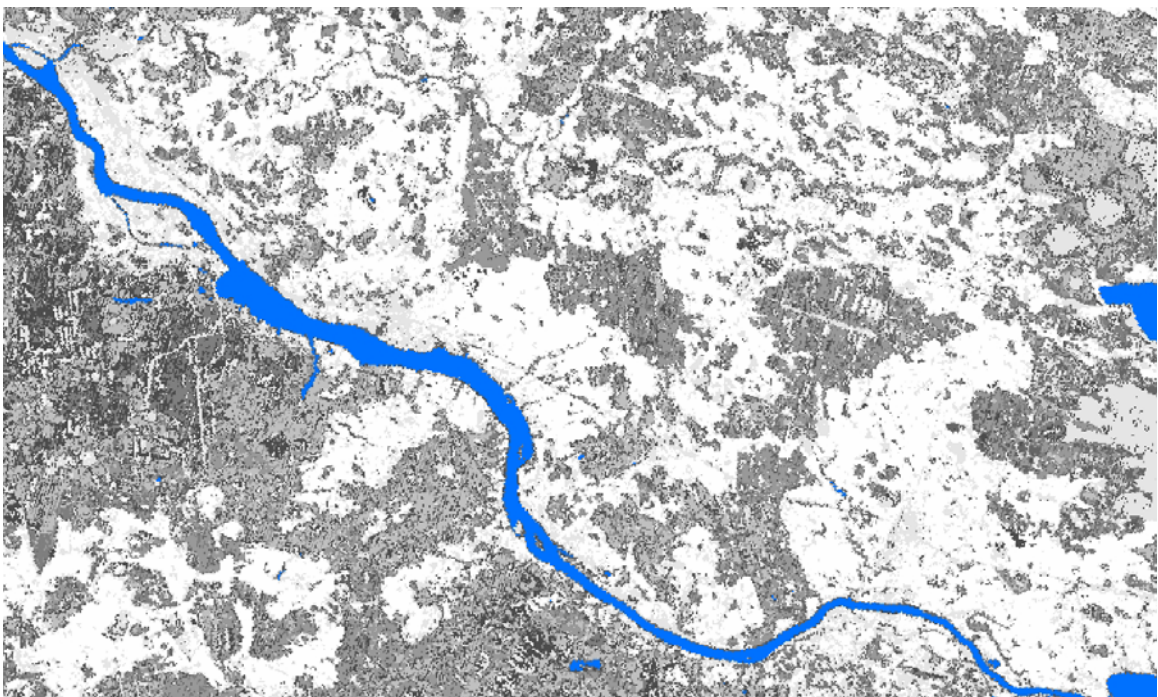
10. attēls. Valdošās sugas DMCII klasifikācijas rezultātu attēls.



11. attēls. Valdošās sugas LANDSAT klasifikācijas rezultātu attēls.

4.8.2. Krājas klasifikācija

Krājas klasifikācijai tiek izmantota tā pati MRM parauglaukumu datu kopa, kas valdošās sugas klasifikācijai. Sagatavojot spektrālā parauga datu kopu, to vizuālais attēlojums, lai būtu izmantojams citās datorprogrammās, tiek sagatavots vienas krāsas piecās gradācijas klasēs no gaišākas uz tumšāku, atbilstoši no mazākas uz lielāku krāju.



12. attēls. Krājas AWiFS klasifikācijas rezultātu attēls.

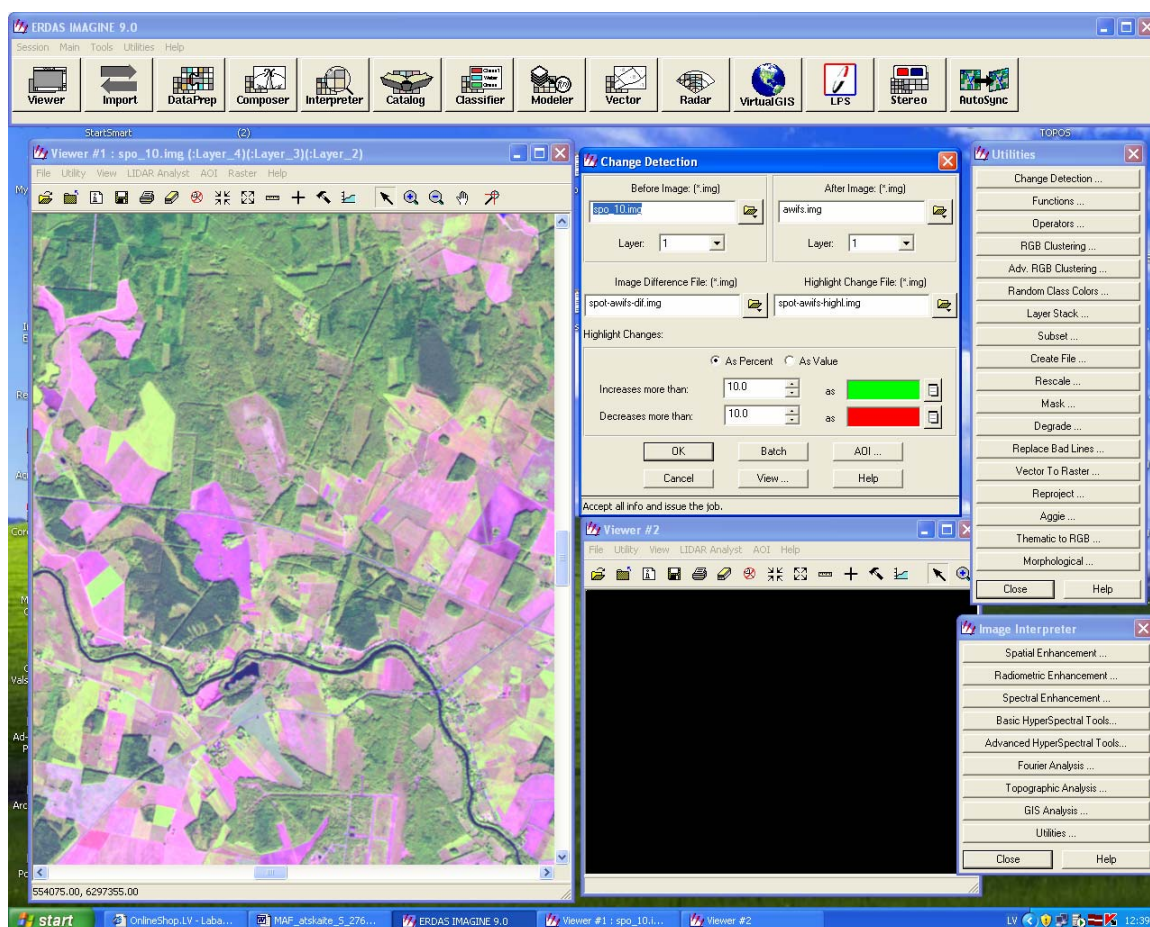
4.8.3. Klasifikācijas novērtēšanas datu iegūšana

Lai varētu salīdzināt klasifikācijas precizitāti, jāsalīdzina klasifikācijas kontroles parauglaukumu valdošās sugas un krājas vērtības ar klasifikācijas rezultāta attēla pikseļu vērtībām. Šim nolūkam, izmantojot klasifikācijas kontroles datu kopas parauglaukumu vektoru datus ESRI shp failu formātā, tiem klāt ar zonālās statistikas funkciju, kas pieejama gan ERDAS IMAGINE gan ArcGIS datorprogrammās, tiek pievienota ģeogrāfiski iekrītošā attēla pikseļa vērtība. Rezultāts ir datu bāze dbf failu formātā, ar MRM parauglaukumu un tajos noteiktajām klasifikācijas attēlu vērtībām, kas izmantojama Excel vai citā statistikas novērtēšanas programmā.

4.9. Izmaiņu analīze

Izmaiņu analīze projektā izmantota kā turpinājums 2006. gada pētījumam, izmantojot tā ietvaros iegādāto SPOT-5 tā gada satelītu attēlu. Projekta ietvaros veikta tā salīdzināšana ar 2007. gada projektā izmantotajiem attēliem – AWiFS, LIIS, DMCII, LANDSAT un SPOT-5. Salīdzināšanai izmanto attālās izpētes datorprogrammu standarta funkciju „change detection”, kas salīdzina attēlu spektra joslu ģeogrāfiski sakrītošo pikseļu vērtības. Rezultāta dati tiek saglabāti atsevišķā rezultātu rastra datnē, kuru iespējams simbolizēt nosakot procentuālās atšķirības līmeni pie kurām negatīvu vai pozitīvu atšķirību gadījumā tās tiek attēlotas attiecīgi sarkanās vai zaļās teritorijas. Nepieciešamības gadījumā attiecīgas rastra attēla teritorijas var vektorizēt to tālākai salīdzināšanai vai analīzei.

Analizējot izmaiņas, var ņemt vērā tikai atsevišķas spektra joslas vai, ja zināms izmaiņu zemes virsmas teritoriju, piemēram, mežu vai ūdeņu, spektra pieraksts, sagatavot analīzei tikai nepieciešamo informācijas kombināciju no vairākām spektra joslām.



13. attēls. Izmaiņu analīzes izvēlne ERDAS IMAGINE datorprogrammā.

5. Rezultāti

5.1. Valdošās sugas klasifikācija

Lai novērtētu valdošās sugas klasifikācijas rezultātus, tiek izmantota klasifikācijas novērtēšanas datu bāze. Katram attēlam novērtējot tā klasifikācijas rezultātus, veikta tā saucamā kļūdu matricas salīdzināšana. Tas nozīmē noteikt cik procentuāli noteiktie un pārbaudītie kontroles parauglaukumi atbilst attēla klasifikācijas rezultātiem un klasifikācijas rezultāti atbilst kontrole parauglaukumu datiem.

5.1.1. AWiFS valdošās sugas klasifikācijas novērtējums

8. Tabula. AWiFS valdošās sugas kļūdu matrica.

Skaitis	VALD SUGA						Gala summa	%
	A	B	Ba	E	M	P		
A	1					1	2	50
B		7	2	1	2		13	54
Ba		2	5		1	1	10	50
E		2		6	2		11	55
Mn	1	4			1		6	17
P		2		1		20	23	87
Gala summa	2	17	7	8	6	22	65	
%	50	41	71	75	17	91		

5.1.2. DMCII valdošās sugas klasifikācijas novērtējums

9. Tabula. DMCII valdošās sugas kļūdu matrica.

Skaitis	VALD SUGA						Gala summa	%
	A	B	Ba	E	M	P		
A	1					1	2	50
B		9	3	1	3	1	18	50
Ba			4	5			10	40
E		2		1	2		6	17
Mn		3					3	0
P	1	3		1	1	20	26	77
Gala summa	2	17	7	8	6	22	65	
%	50	53	57	13	0	91		

5.1.3. LANDSAT valdošās sugas klasifikācijas novērtējums

10. Tabula. LANDSAT valdošās sugas kļūdu matrica.

Skaitis	VALD SUGA						Gala summa	%	
	A	B	Ba	E	M	P			
0		2	2				1	7	0
A	1							1	50
B		9	1	2			1	13	69
Ba	1	2	3		2			8	38
E		2	1	5	2	1		11	45
Mn		1			2			3	67
P		1		1			18	21	86
Gala summa	2	17	7	8	6	22		65	
%	50	53	43	63	33	82			

5.1.4. LIIS valdošās sugas klasifikācijas novērtējums

11. Tabula. LIIS valdošās sugas kļūdu matrica.

Skaitis	VALD SUGA						Gala summa	%	
	A	B	Ba	E	M	P			
B	1	10	2	2	3	2		22	45
Ba		1	5	1				7	71
E		1			2	1		5	0
Mn		2			1			3	33
P	1	3		5			19	28	68
Gala summa	2	17	7	8	6	22		65	
%	0	59	71	0	17	86			

5.1.5. SPOT-5 valdošās sugas klasifikācijas novērtējums

12. Tabula. SPOT-5 valdošās sugas kļūdu matrica.

Skaitis no MAXIMUM	VALD SUGA						Gala summa	%	
	A	B	Ba	E	M	P			
0	1	8	3	3	3	12		33	0
B	1	8	2	1	1	1		14	57
Ba		1	2	2	1			6	33
E					1			1	0
P				2		9		11	82
Gala summa	2	17	7	8	6	22		65	
%	0	47	29	0	0	41			

5.1.6. Valdošās sugas novērtējuma kopsavilkums

13. Tabula. Valdošās kļūdu matricu kopsavilkums.

		A	B	Ba	E	M	P
	skaitis	2	17	7	8	6	22
AWIFS	%	50	41	71	75	17	91
DMCII	%	50	53	57	13	0	91
LANDSAT	%	50	53	43	63	33	82
LIIS	%	0	59	71	0	17	86
SPOT	%	0	47	29	0	0	41

5.1.7. Valdošās sugas novērtējuma interpretācija

Valdošās sugas klasifikācijas novērtējums ir salīdzināms attēliem, kas iekļaujas tā saukto vidējas precizitātes satelītu attēlu klasē – LANDSAT, AWIFS, LIIS, DMCII. Visprecīzākais novērtējums visos attēlos ir P – priedes un B – bērza audzēm. Nenovērtētas mežaudzes pēc klasifikācijas noteiktas SPOT-5 un LIIS attēliem.

Samērojot klasifikācijas precizitāti un attēlu izšķirtspēju jāsecina, ka šāda veida lielas teritorijas pārklājuma klasifikācijai nav izmantojami augstas precizitātes attēli, kāds ir SPOT-5 attēls ar 2,5 metru izšķirtspēju, šāda pikseļa mērogā atšķirami atsevišķi koki.

Salīdzinot LANDSAT (30m), AWIFS (56m), LIIS (23m) un DMCII (32m) attēlus ar to iegūšanas rādītājiem – pārklājumu, izšķirtspēju, izmaksām noteikts, ka izdevīgākais satelītu attēls valdošās sugas klasifikācijai ir LANDSAT.

14. Tabula. Valdošās sugas klasifikācijas izdevīguma novērtējums.

Satelīts	Vidējā precizitāte	Izšķirtspēja	Pārklājums	Izmaksu pakāpe	Vidēji
AWIFS	1	5	2	2	2,5
DMCII	3	4	1	4	3,0
LANDSAT	2	3	3	1	2,3
LIIS	4	2	4	3	3,3
SPOT	5	1	5	5	4,0

5.2. Krājas klasifikācija

Novērtējot krājas klasifikācijas precizitāti, izmantota kvadrātiskā kļūda, salīdzinot MRM parauglaukumu krājas informāciju ar noteikto rastra attēlu pikseļa vērtību. Tā kā, lai samazinātu krājas gradācijas klases, tika izdalītas piecas gradācijas klases, bet parauglaukumu informācijā ir precīzā aprēķinu informācija, novērtēšana notiek salīdzinot šo precīzo informāciju ar gradācijas klašu apakšējo, augšējo un vidējo vērtību. Piektā klasifikācijas klase no 200 m3 un vairāk, novērtēšanā netiek izmantota, jo nav iespējams noteikt tās vērtību augšējās robežas.

15. Tabula. Krājas klasifikācijas kopējais novērtējums.

Satelīts		Max	Min	Vid
SPOT-5	R Square	0,118	0,094	0,141
	Novērojumi	65	65	65
LANDSAT	R Square	0,490	0,437	0,493
	Novērojumi	65	65	65
DMCII	R Square	0,339	0,407	0,394
	Novērojumi	65	65	65
LIIS	R Square	0,270	0,448	0,357
	Novērojumi	65	65	65
AWiFS	R Square	0,579	0,425	0,565
	Novērojumi	65	65	65

Līdzīgi kā valdošās sugas novērtējumam, arī krājas novērtējums precīzākais LANDSAT un AWiFS satelītu attēliem. Mazāka precizitāte pārējiem vidējās izšķirtspējas satelītu grupas – DMCII un LIIS attēliem. Arī ļoti precīzais SPOT-5 2,5m izšķirtspējas attēls krājas klasifikācijas gadījumā uzrāda vismazāko precizitāti, kas izskaidrojams ar cita līmeņa – atsevišķu koku atšķiršanas iespējām un dalību citā satelītu attēlu grupā pēc to izšķirtspējas.

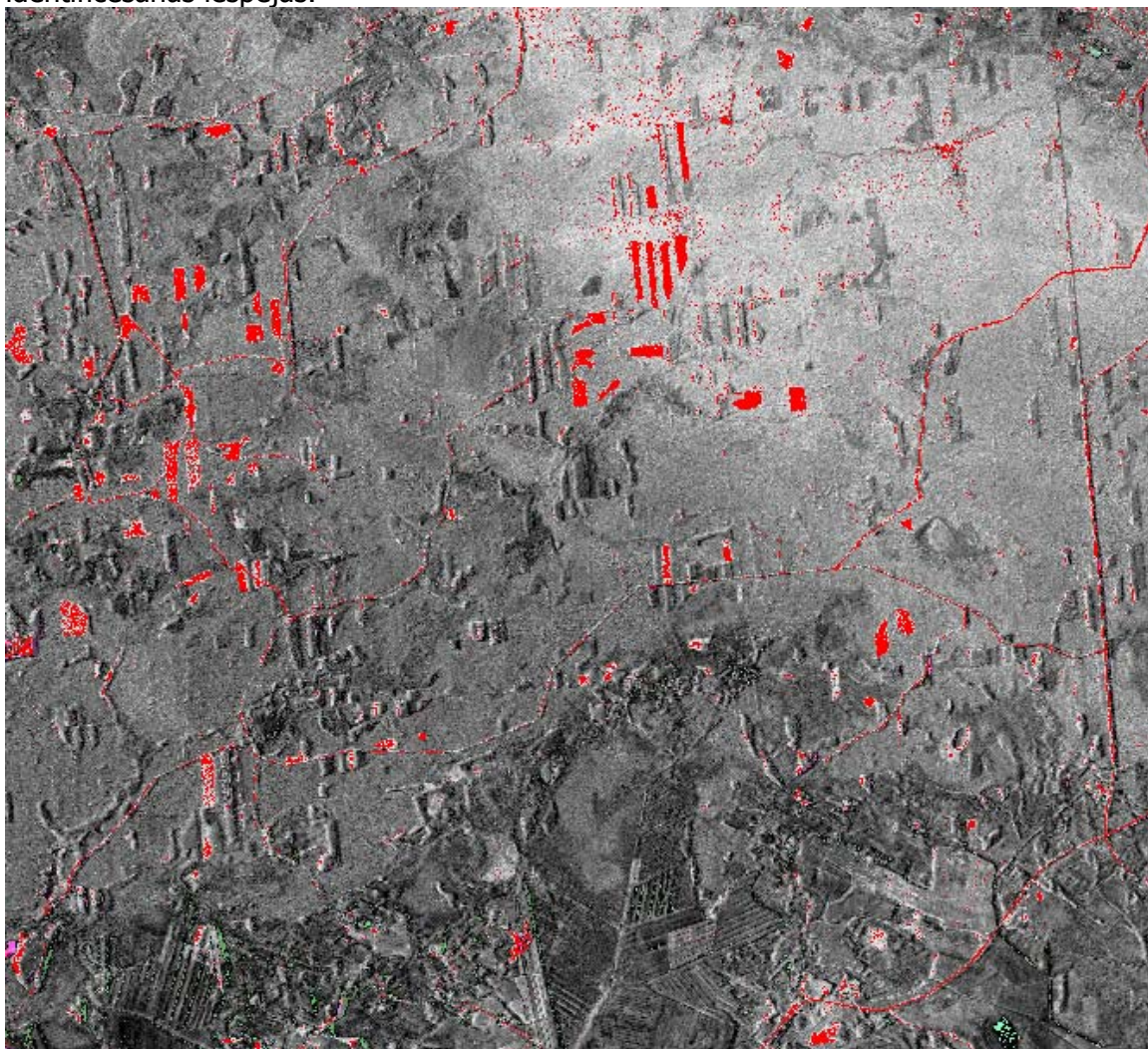
Satelītattēlu iegūšanas un to pielietošanas izdevīguma novērtējums identisks ar valdošās sugas novērtējumu.

16. Tabula. Krājas klasifikācijas izdevīguma novērtējums.

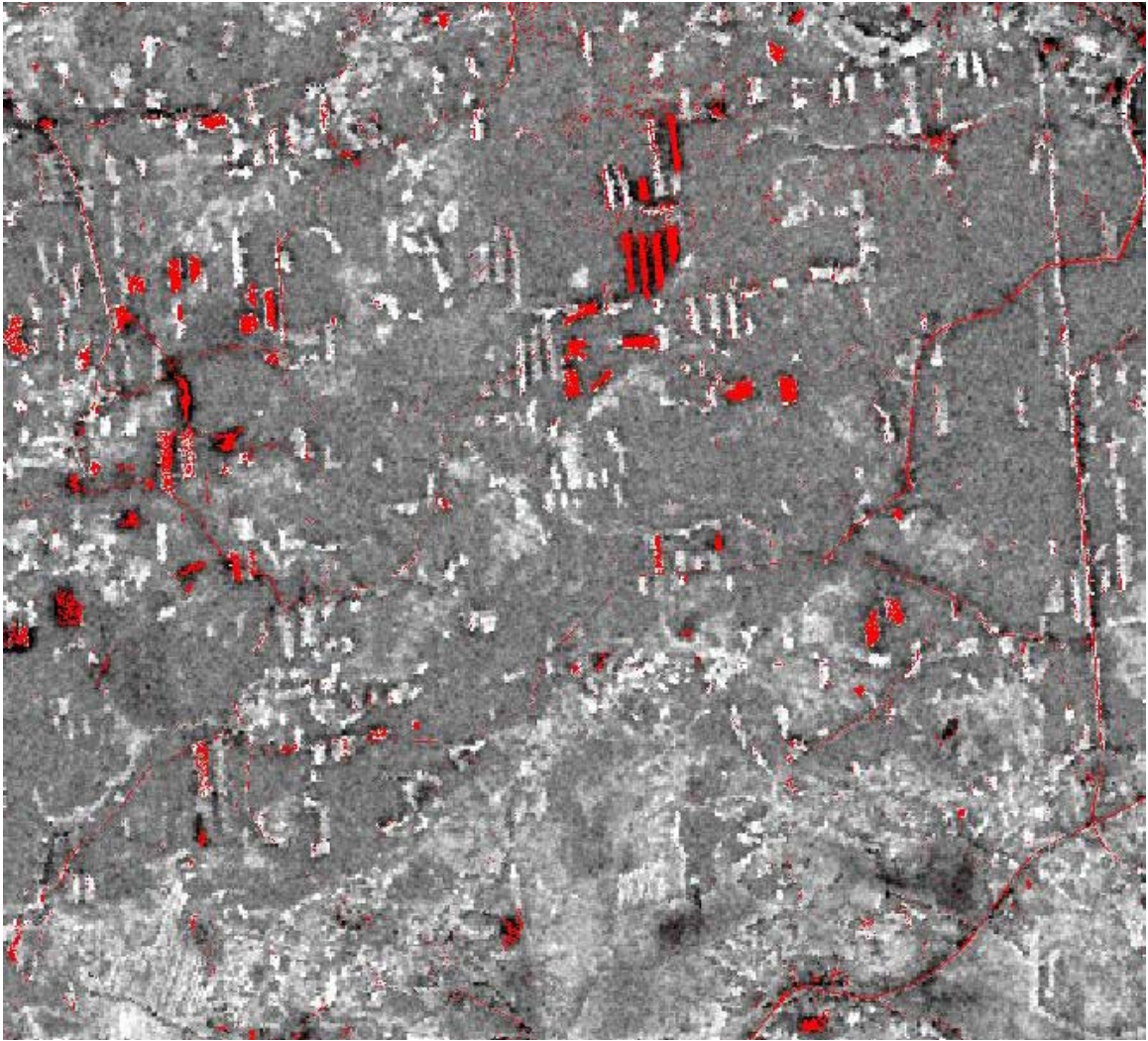
Satelīts	Precizitāte	Izšķirtspēja	Pārklājums	Izmaksu pakāpe	Vidēji
AWiFS	1	5	2	2	2,5
DMCII	3	4	1	4	3,0
LANDSAT	2	3	3	1	2,3
LIIS	4	2	4	3	3,3
SPOT	5	1	5	5	4,0

5.3. Izmaiņu analīze

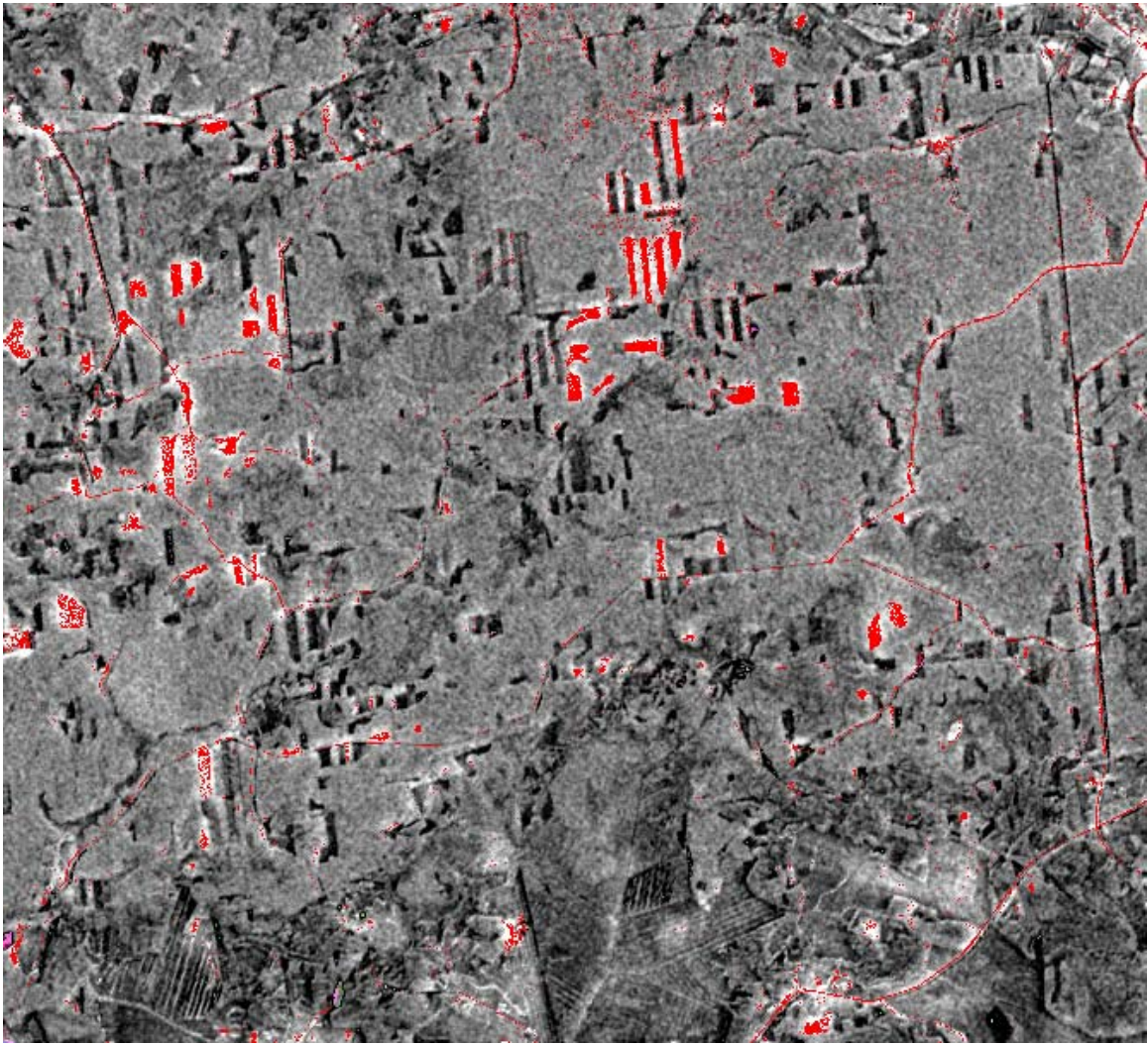
Rezultātu novērtēšana veikta vizuāli salīdzinot izmaiņu analīzes rezultātā iegūtos rezultātu rastra attēlus, vizualizējot izmaiņās noteiktās vietas ar biomasas samazinājumu IR (infrasarkanā) un tām pielīdzināmās spektra joslās salīdzinot 2006. un 2007. gada satelītu attēlus. Rezultāti vizualizē gada laikā veiktās cirtes testa teritorijā. Paralēli novērots arī biomasas palielināšanās vietu – aizaugošu cirsma, lauku aizaugšanas identificēšanas iespējas.



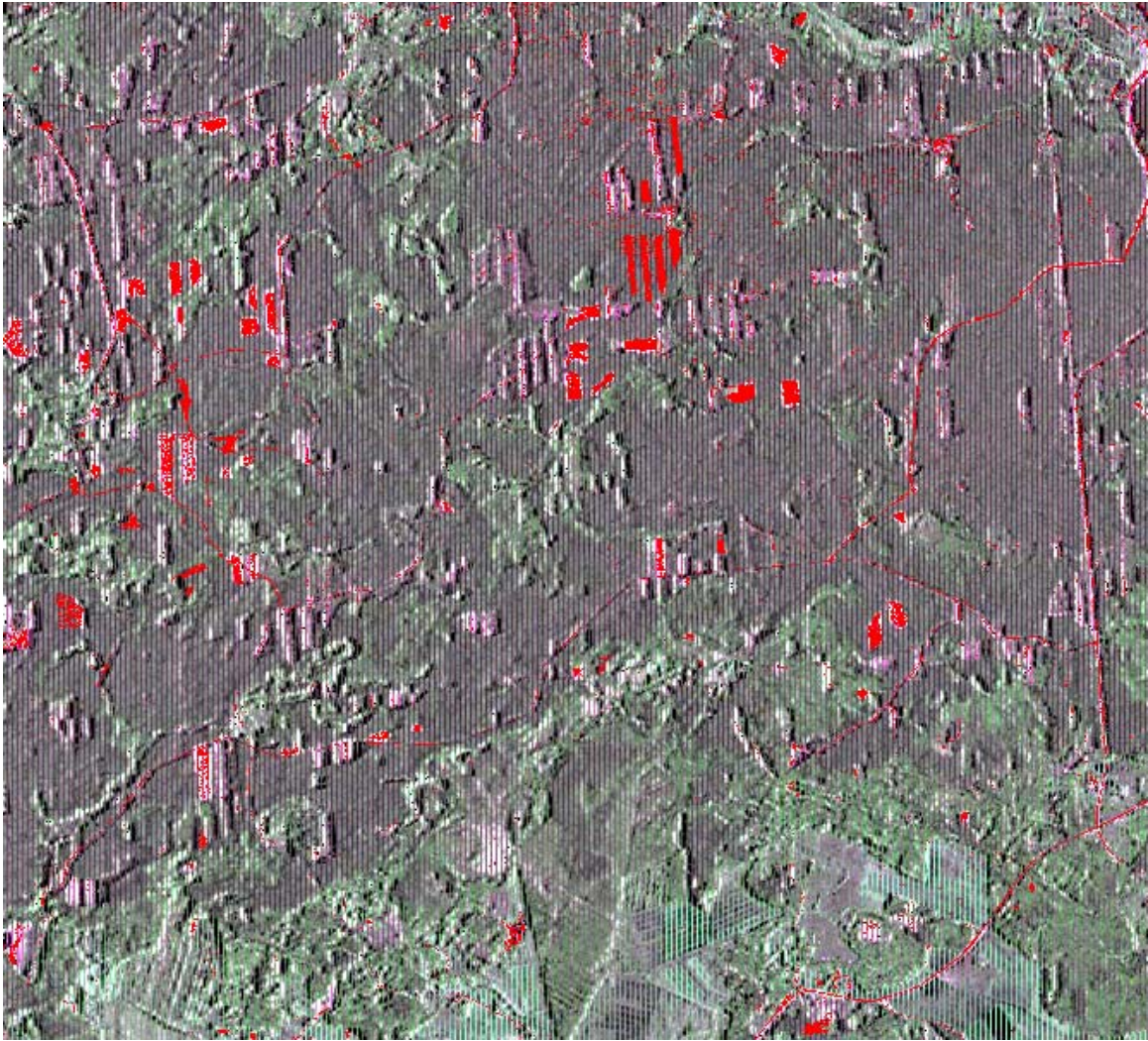
14. attēls. Spot-5 2006. un 2007. gadu izmaiņu salīdzinājums.



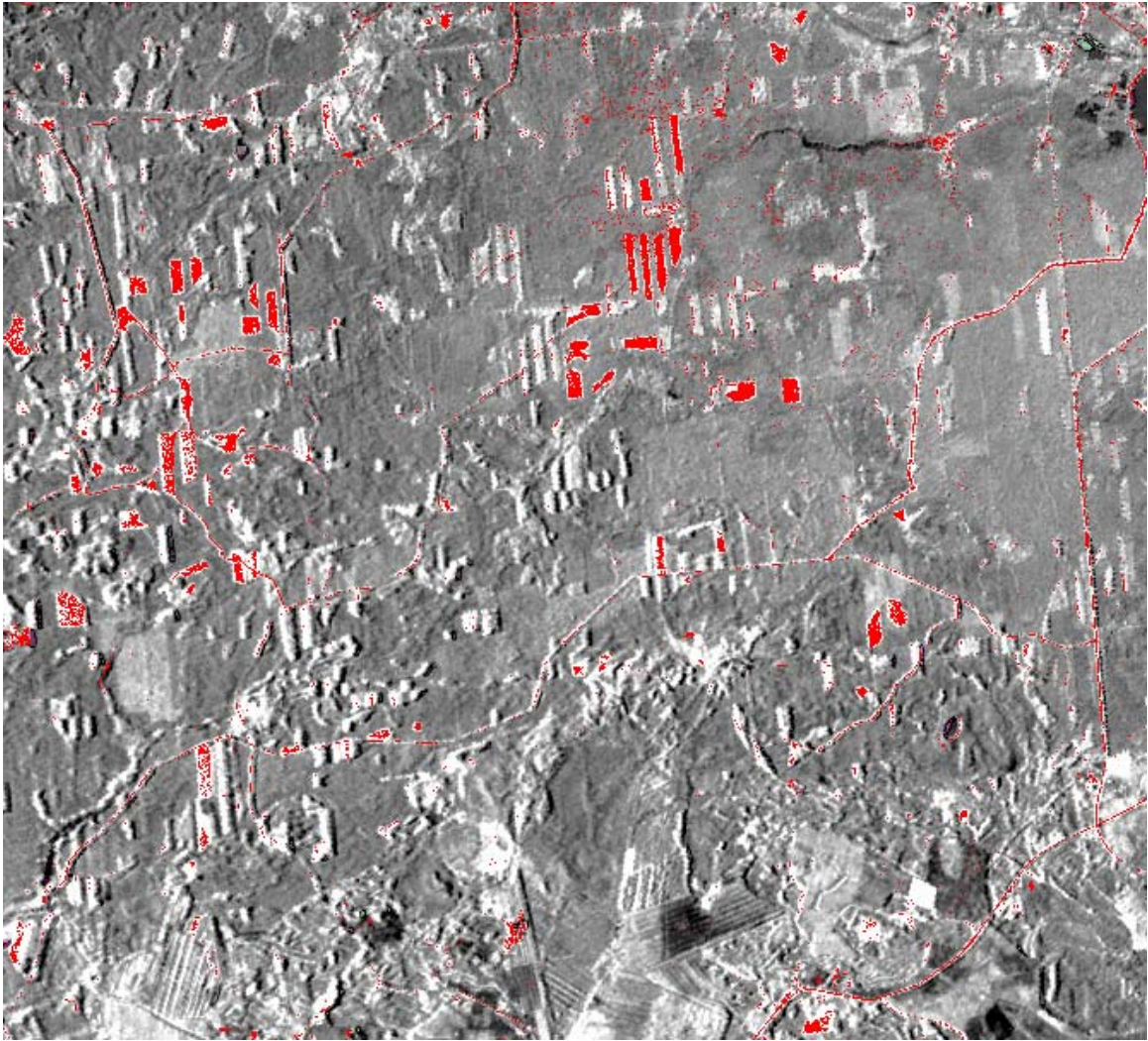
15. attēls. Spot-5 2006. gada un DMCII 2007. gada izmaiņu salīdzinājums.



16. attēls. Spot-5 2006. gada un AWiFS 2007. gada izmaiņu salīdzinājums.

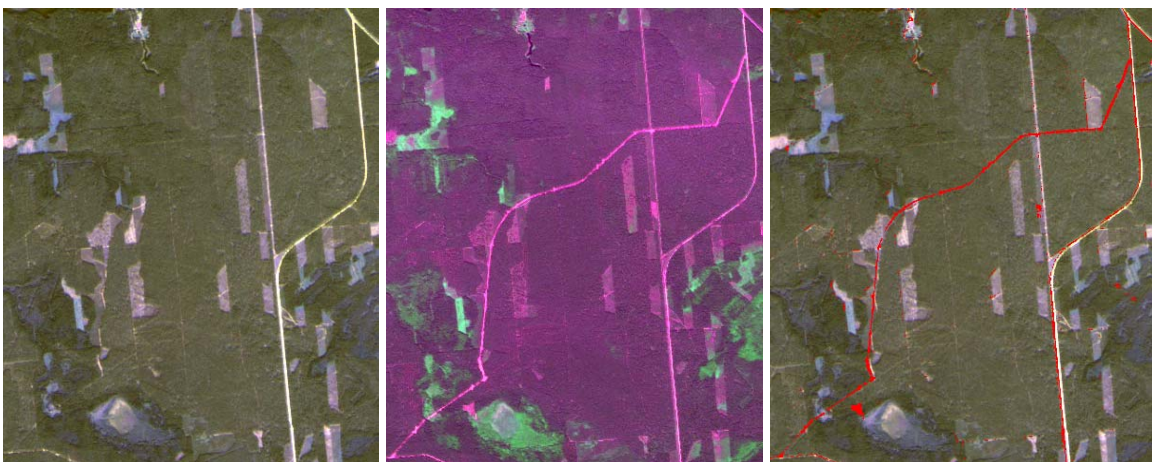


17. attēls. Spot-5 2006. gada un LANDSAT 2007. gada izmaiņu salīdzinājums.



18. attēls. Spot-5 2006. gada un LIIS 2007. gada izmaiņu salīdzinājums.

Salīdzināšanas efektivitāti norāda testa teritorijā izmaiņu analizē identificēts (attēla ziemeļaustrumu pusē) jauns izbūvēts AS LVM meža ceļš, kas norāda šādu objektu atpazīšanu arī vidējas precizitātes satelītu attēlos.



19. attēls. Spot-5 2006. gads, SPOT-5 2007. gads un izmaiņu rezultāts.

6. Secinājumi

1. Pētījumiem paredzētie AWiFS, LIIS, DMCII, LANDSAT un SPOT satelītu attēli pieejami pasūtīšanai un izmantojami analīzēm ar Latvijā esošo attālās izpētes datorprogrammām.

2. Satelītu attēlu ortoretifikācijai kontroles punktu iegūšanai izmantojama ortofoto koordinātu informācija.

3. Vidējas precizitātes satelītu attēlu klasifikācijas rezultāti samērojami pēc precizitātes.

4. Novērtējot satelītu attēlus pēc to pārseguma, izmaksu, izšķirtspējas un klasifikācijas rezultātiem, kā izmantojamākie liela pārklājuma teritoriju novērtēšanai atzīstami LANDSAT un AWiFS attēli.

5. SPOT-5 satelītu attēls šādas liela pārseguma teritoriju novērtēšanā nav izmantojams.

6. Izmaiņu salīdzināšanai izmantojami dažādi satelītu attēli un iegūtie rezultāti ir salīdzināmi.

7. Izmaiņu noteikšanā izmantojot vidējas precizitātes satelītu attēlus iespējama arī nelielas dimensijas dažu attēla pikseļu izšķirtspējas objektu atpazīšana.

7. Literatūras saraksts

1. DMCII satelītu informācija, <http://www.dmcii.com/>
2. AWiFS un LIIS satelītu informācija, <http://www.euromap.de/>
3. LANDSAT satelītu informācija, <http://landsat.gsfc.nasa.gov/>
4. SPOT satelītu informācija, <http://www.spotimage.fr/>
5. Datorprogrammas ERDAS IMAGINE lietotāja rokasgrāmata.

Datu nesēju saturs

- 1. CD - LANDSAT izejas materiāli.**
- 2. CD - LANDSAT pārstrādāts attēls LKS-92 koordinātu sistēmā.**
- 3. CD - AWiFS izejas materiāli.**
- 4. CD – AWiFS pārstrādāts attēls LKS-92 koordinātu sistēmā.**
- 5. CD – LIIS izejas materiāli un pārstrādāts attēls LKS-92 koordinātu sistēmā.**
- 6. CD – DMCII izejas materiāli.**
- 7. CD – DMCII pārstrādāts attēls LKS-92 koordinātu sistēmā.**
- 8. DVD – SPOT-5 izejas materiāli un pārstrādāti attēli LKS-92 koordinātu sistēmā.**
- 9. DVD - Testa teritorijas SPOT-5, DMCII, LIIS, AWiFS, LANDSAT satelītu attēli.**
- 10. DVD - Klasifikācijas meža resursu parauglaukumu informācija, klasifikācijas rezultātu un izmaiņu novērtēšanas attēli.**
- 11. CD – Projekta atskaite.**