

# LĀZERSAKANĒŠANAS TEHNOLOĢIJU IESPĒJU IZPĒTE VALSTS ROBEŽAS UZTURĒŠANAS DARBOS



LU 76. zinātniskā  
konference  
sekcija „Ģeomātika”

A. Ratkevič, A. Celms, A. Veliks  
Latvijas Lauksaimniecības  
Universitāte Zemes pārvaldības un  
ģeodēzijas katedra

# Valsts robežu uzturēšana

- Valsts robežu uzturēšanas aktivitātes vienmēr saistāmās ar konkrētu teritoriju un šajās teritorijās esošo objektu uzmērīšanu
  - esošās apkārtnes situācijas izmaiņu skatījumā,
  - pašas valsts robežas un tās nostiprinājuma elementu pozīciju reālā stāvokļa noteikšanas skatījumā.

# Valsts robežu uzturēšana un uzmērīšana

Uzmērījumi šajos gadījumos ir :

- gan valsts robežas monitoringa elementu sastāvdaļa;
- gan robežas līnijas, tās nostiprinājuma elementu atjaunošanas darbu apjomu identifikācijas un plānošanas sastāvdaļa;
- gan turpmākās šo darbu organizācijas neatņemama sastāvdaļa.

*Visās šajās darbībās kā nozīmīga sastāvdaļa ir vēlama laba, un iespējami jauna, zemes virsmas modeļa pieejamība.*

# Valsts robežu uzturēšana un uzmērīšana

Līdzšinējā Valsts robežu uzturēšanas praksē,  
un uz Latvijas valsts robežām,  
veicot modeļu izveidi lietoja:

- atbilstošus uzmērīšanas darbus;
- lietotas tradicionālās mērniecības tehnoloģijas;
- lietojot klasiski pazīstamos ģeodēzijas instrumentus;
- un arī klasiskās fotogrammetrijas tehnoloģijas.

darbiem parasti veltot ievērojamu laika patēriņu tieši uzmērāmajā teritorijā – izņemot fotogrammetriju.

# Valsts robežu uzturēšana un uzmērīšana

Pieminētās tehnoloģijas pazīstamas mērniecībā vairāku simtu gadu garumā, kur mainīgais lielums saistīts tikai ar ģeodēzisko instrumentu attīstības vēsturi, bet valstu robežu gadījumos parasti no to pielietojuma izvairījās, gan to dārdzības un sarežģītības ietekmē, gan arī praktiskās rezultātu lietošanas zemās efektivitātes ietekmē.

Darbos iesaistītie valstu speciālisti parasti izvēlējās drošas un pārbaudītas tehnoloģijas, kuras bija labi pazīstamas abās robežas pusēs – pieturoties konservatīvai pieejai tehnoloģiju izvēlē.

# Situācijas izmaiņas uzmērīšanā

Tādas tehnoloģijas kā :

- Globālo Navigācijas Satelītu Sistēmu (turpmāk GNSS) pielietojums;
- Ģeodēzisko un kartogrāfisko darbu datorizācija;
- Digitālās kartogrāfijas un GIS attīstība;
- Moderno – datorizēto tālizpētes tehnoloģiju attīstība;
- Mazgabarīta, portatīvo lidaparātu platformu – dronu un tiem atbilstoša fotografēšanas/ skanēšanas aprīkojuma attīstība.

*Ievērojami uzlaboja darba iespējas valstu robežu uzmērīšanas darbos un būtiski mainīja - uzlaboja virsmas modeļu izveides procesus.*

# Situācijas izmaiņas uzmērīšanā- fotogrammetriskās tehnoloģijas.

- radīja jaunas priekšrocības zemes virsmas modeļu veidošanai;
- zemes virsmas uzmērīšanai un valsts robežu darbos tās sāka lietot arvien plašāk;
- attīstoties datorizācijas ietekmei, pielietojuma apjoms sāka pieaugt, sākumā uzrādot efektivitāti tikai lielu teritoriju modeļu veidošanas gadījumos;
- kā jaunu un piemērotu tālizpētes – fotogrammetrijas tehnoloģiju, tieši 3D modeļu izstrādei, sāk lietot lāzerskanēšanas (vai LIDAR) datu ieguves tehnoloģiju.

# LIDAR datu ieguves tehnoloģija

Uz šodien šī tehnoloģija:

- savienojumā ar datortehnoloģiju un programmatūru attīstības iespējām rada interesi arī valsts robežu ierīkošanas un uzturēšanas speciālistiem.
- piedāvā darbu izpildes ātrumu, precizitātes rādītājus un palielinātu uzmērījumu punktu apjomu apvidū lielām teritorijām,
- kopā ar izmaksu un lauku darbu apjomu samazinājumu tendenci ievada lietošanas priekšnosacījumus arī valstu robežu uzturēšanas nodrošinājuma pasākumiem.
- zūd lieli kapitālieguldījumi lidaparāta un skanēšanas tehnikas iegādēm, strauji attīstot lētāko lidaparātu – dronu un to celtspējai atbilstošu mazgabarīta skanēšanas iekārtu lietošanu,
- šajos gadījumos zūd nepieciešamība pēc augsti kvalificētu lidaparātu pilotu un lidaparātu tehniskās apkopes speciālistu iesaistes darbos.

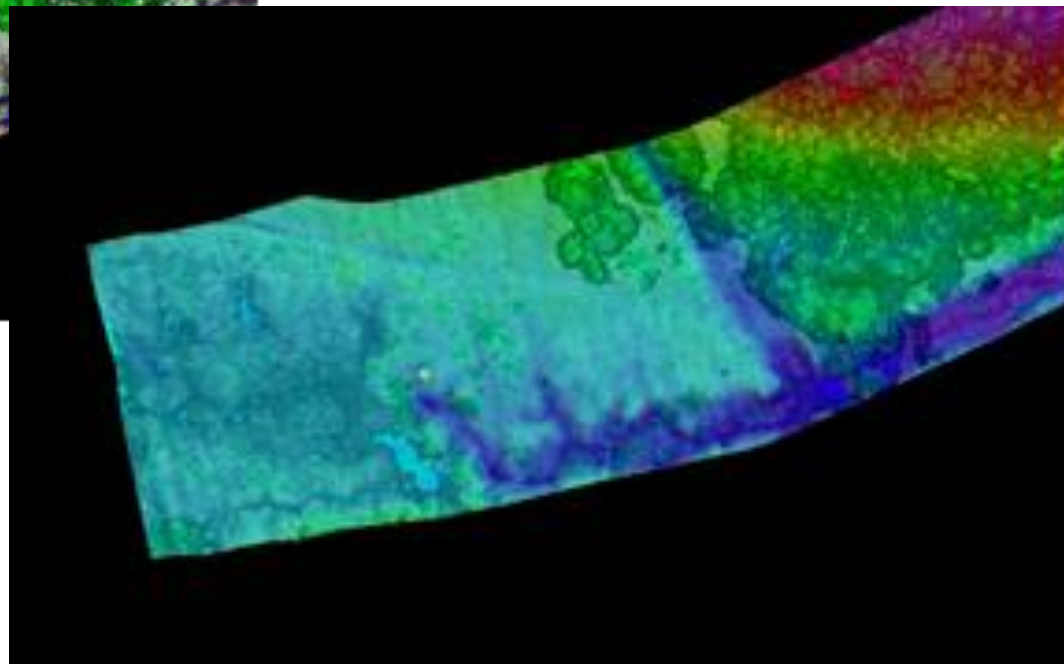
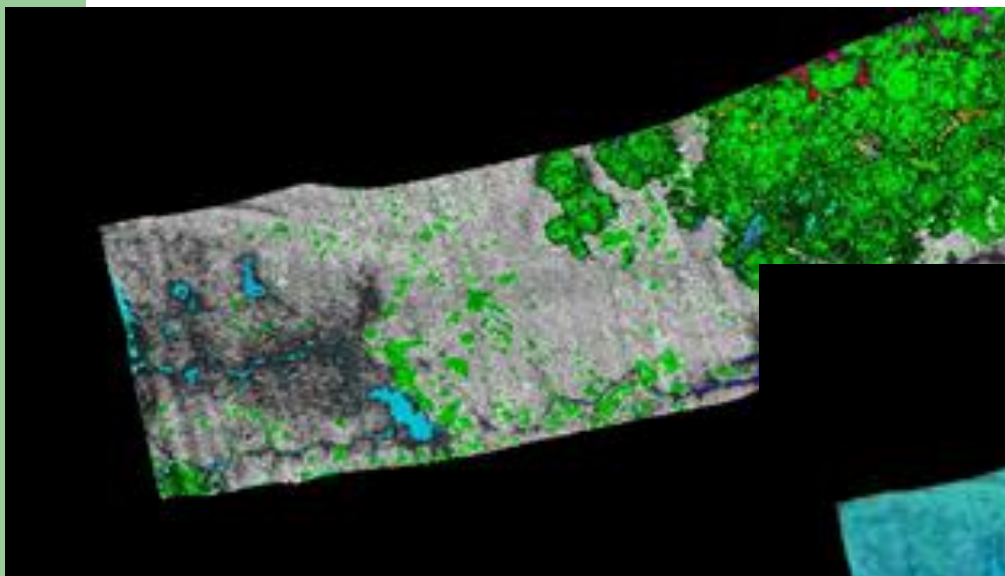


# Praktiskā pieredze

- Kā bezpilota lidaparāts lietots “dji MATRICE 600” ar ĢPS un INS aprīkojumu, datorizētu lidojuma stabilitātes programmatūru un datorizēti plānojama, autonomi izpildāma lidojuma nodrošinājuma programmatūru;
- Kā skanēšanas aprīkojums - lāzerskaneris “YellowScan Mapper” ar skanēšanas procesu vadības un datu uzkrāšanas programmatūru;
- Kā rezultātu pirmapstrādes programmatūra - “Yellow reader” uz QGIS bāzes. Trajektorijas izlīdzināšana “septentrio post nav” programmatūra.
- Ieprogrammētais vidējais skanēšanas punktu blīvums – 30 punktu uz m<sup>2</sup>;
- Skanētās teritorija platība ap 750. ha līdz 150 km garumā gar valsts robežu;
- Darbu izpildes termiņi pēc fakta;
  - lidošana 17 dienas, pirmapstrāde 7 dienas, topogrāfiskais plāns 2 mēneši Iegūtais vidējais punktu blīvums – 40 punkti uz m<sup>2</sup>.

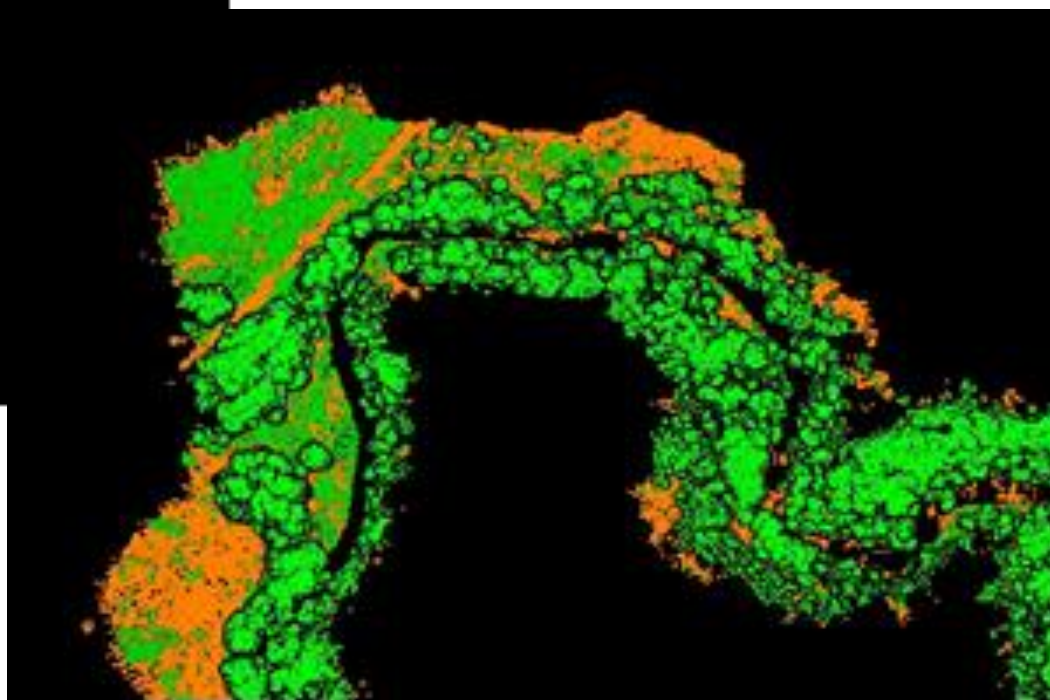
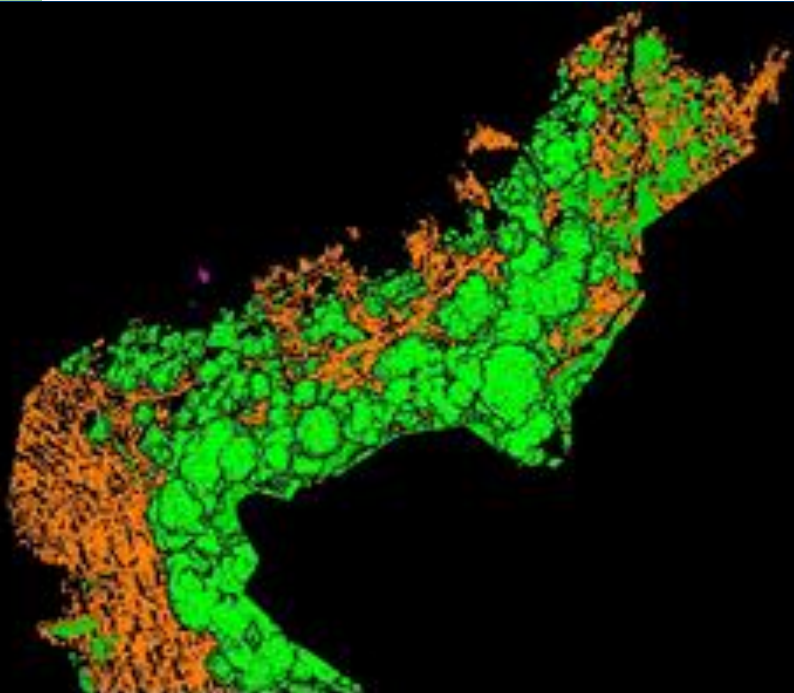
# Praktiskā pieredze

*Robežposma 0827 skanējuma punktu mākoņa attēli dažādos izpildījumos.*



# Praktiskā pieredze

*Robežposmu skanējumu klasificētu punktu mākoņu attēlojums posmos 182 un 78.*



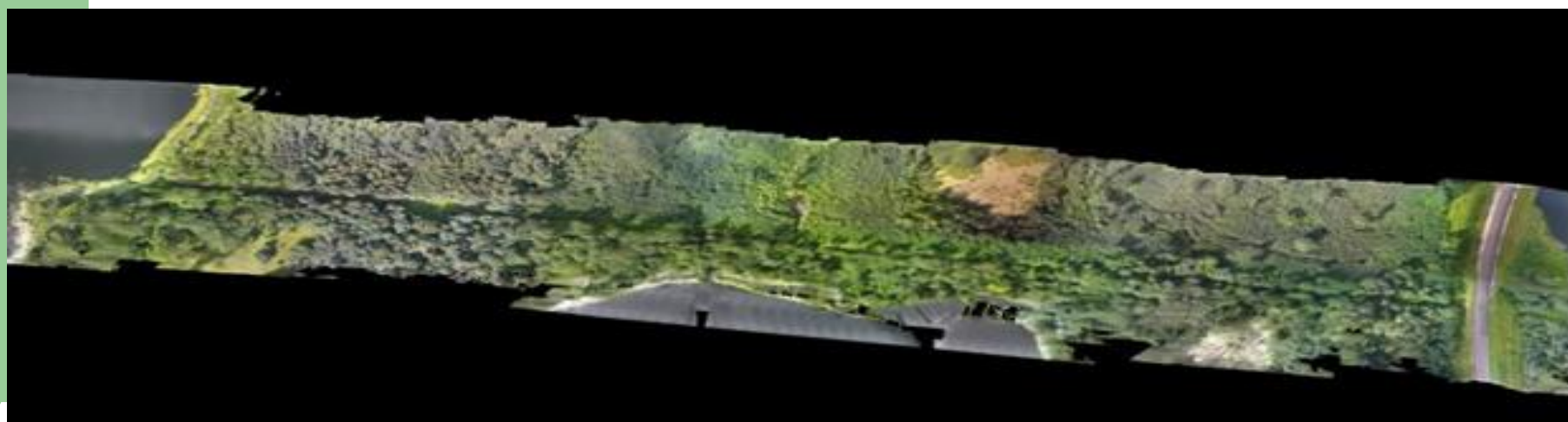
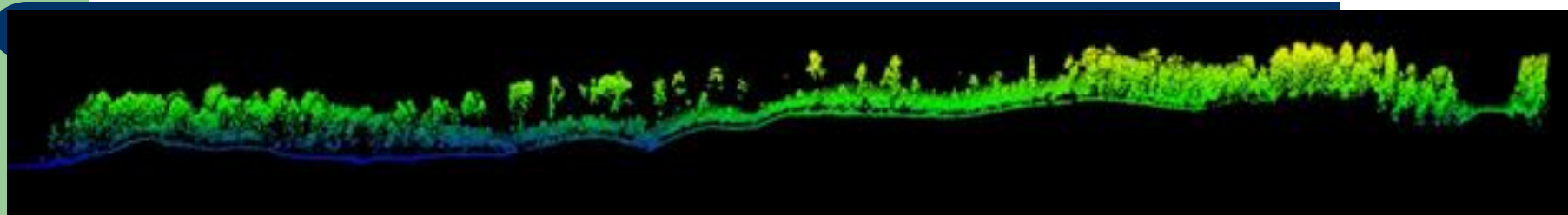
# Praktiskā pieredze

*Robežas skanējuma profili ( profila šķēlumi) posmā 145-146*

*-melns fons;*

*-gaišs fons.*

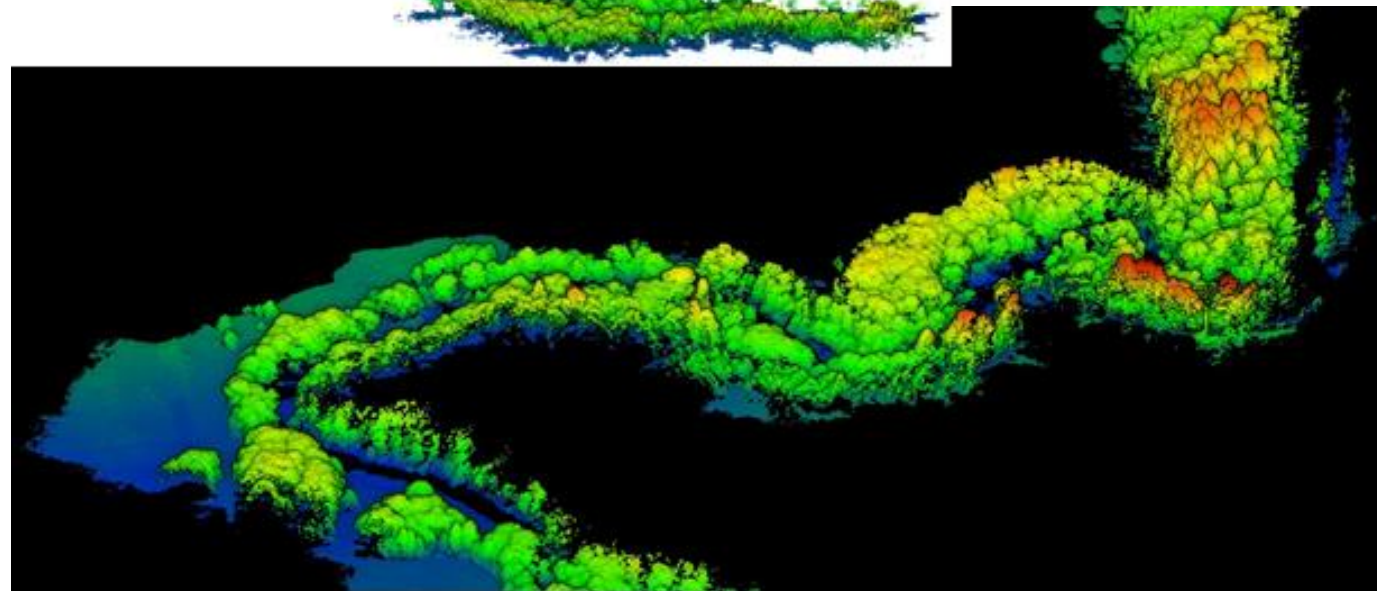
*-un ortofoto.*





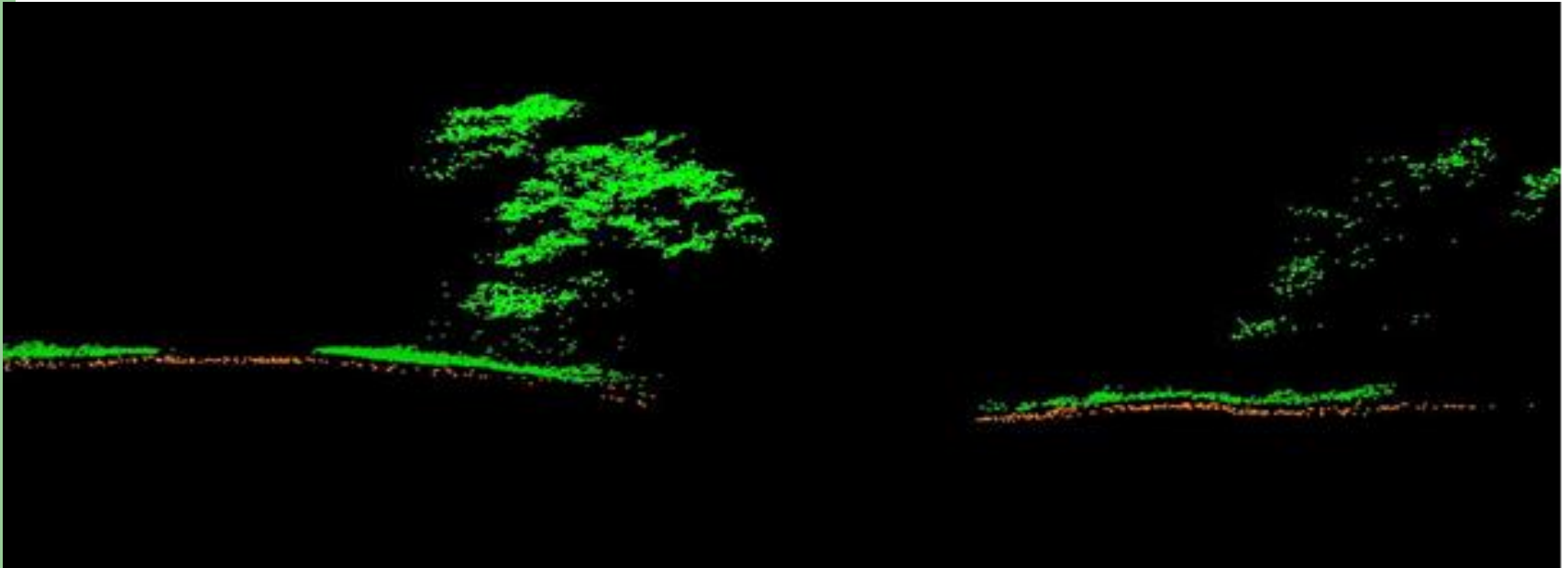
# Praktiskā pieredze

*Robežas skanējuma rezultātu attēlojumi posmā 78,  
klasificēta punktu mākoņa attēli - gaišs fons un .tumšs fons.*



# Praktiskā pieredze

*Robežas skanējuma rezultātu posmā 78,  
profila šķēluma attēls.*



# Praktiskā pieredze

Rezultātā tika iezīmētas un pārbaudītas būtiskas priekšrocības reljefa un uz tā izvietoto objektu identificēšanai kā arī to parametru uzmērīšanai.

Kad informācijas precizēšanai - pievienoti minētai teritorijai veidoti Ortofoto – kurus izgatavoja izmantojot vienlaikus ar skanēšanu veikto aerofotografēšanu no bezpilota lidaparāta iegūstamā informācijas detalizācija un tās ticamība būtiski pieauga.

*Ortofoto posmiem*

- 45-46(*strauta meandras*);
- 0827(*purvains posms*);
- 0810(*Robežstabi pie upes*)





*Ortofoto posmiem:  
182.(strauta ietekas izmaiņas)  
Robežposma 78. ortofoto*



## Datu savietojamības efekts

Attēlos redzami un atpazīstami robežstabi un citi apvidus objekti, ko skanējumā bieži nevarēja viennozīmīgi identificēt  
*pat tad – kad kaut kāds skanējuma atstarojums bija saņemts arī no šiem objektiem.*

Visi iegūtie sākotnējie datu komplekti, gan punktu mākoņi, gan ortofoto

ar lielu precizitāti bija savietojami lietojot GIS programmatūras iespējas

- tā apvienojot abu informācijas avotu iespējas un
- tos savstarpēji pārbaudot, salīdzinot telpiskā savietojuma vietās.

# Datu savietojamības rezultāts

Turpmākajās darbībās, lietojot GIS programmas, šie izejas datu komplekti veiksmīgi tika savietoti ar :

- ģeoreferncētiem demarkācijas dokumentu datiem, pirmkārt kartēm un koordinātu katalogu datiem;
- robežstabu protokolu abrisiem ;

Rezultātā - tika panākti vizuālas atbilstības - neatbilstības izvērtējumi atbilstošiem robežas posmiem un to nostiprinājuma elementiem.

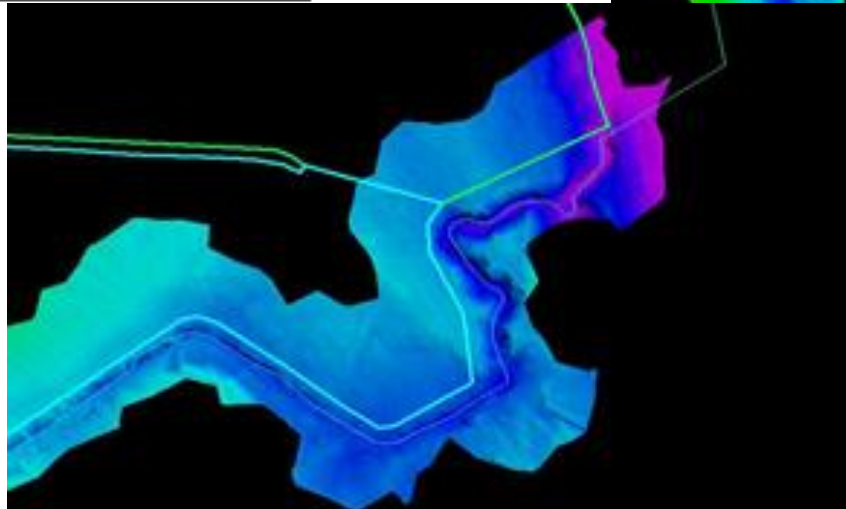
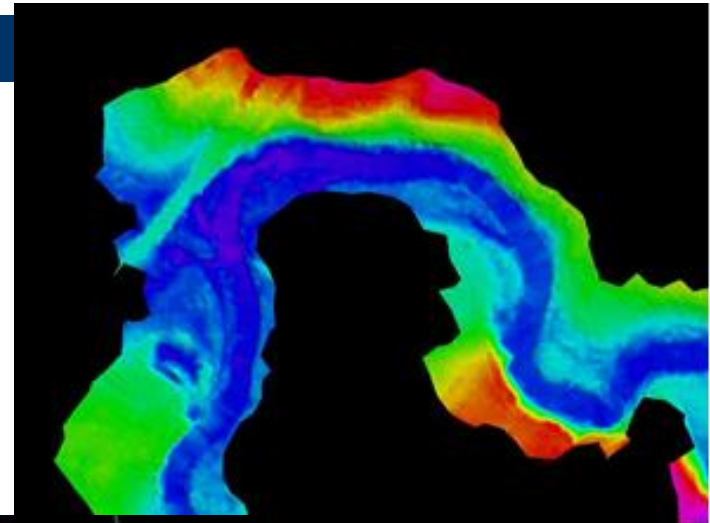
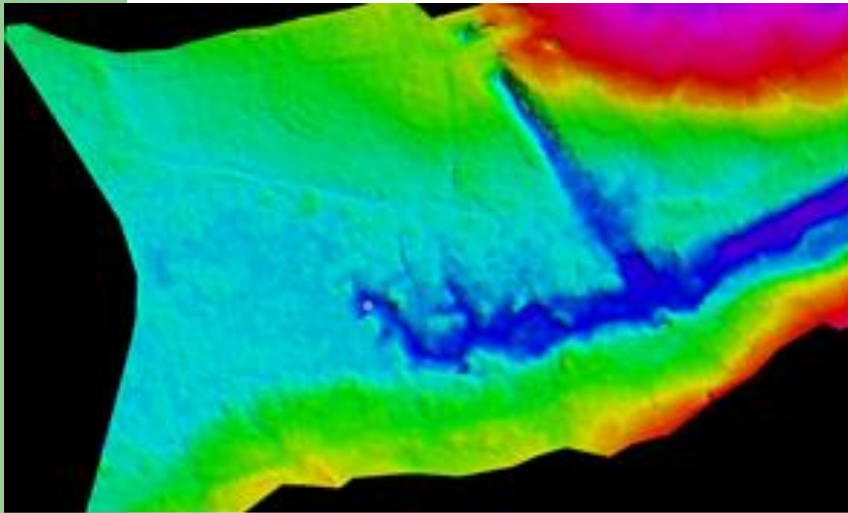
## Nākošā darbība

Ievirzīja papildus robežas atrašanās vietas monitoringa iespējas, sevišķi grāvju, ūdensteču, strautu un upju pa kuriem noteikta valsts robeža gadījumos, saistāma ar punktu mākoņu apstrādi - transformāciju 3D reljefa modeļu formātos.

Radās iespēja noteikt viszemākās virsmas punktu vietas – kuras iezīmēja grāvju vai ūdensteču krastu līniju vietas, purvos viszemākās, slikti saskatāmās aizplūdušu ūdensteču vietas, nosakot iespējamo robežas vietu šajās vietās.

Šie modeļi lietojot GIS savietojot ar demarkācijas datiem– kartēm ļāva identificēt situācijas un robežas līnijas sakritību vai neatbilstību un to parametrus.

*Robežposmu*  
*0827 reljefa modelis.*  
*182 reljefa modelis*  
*78 reljefa modelis*





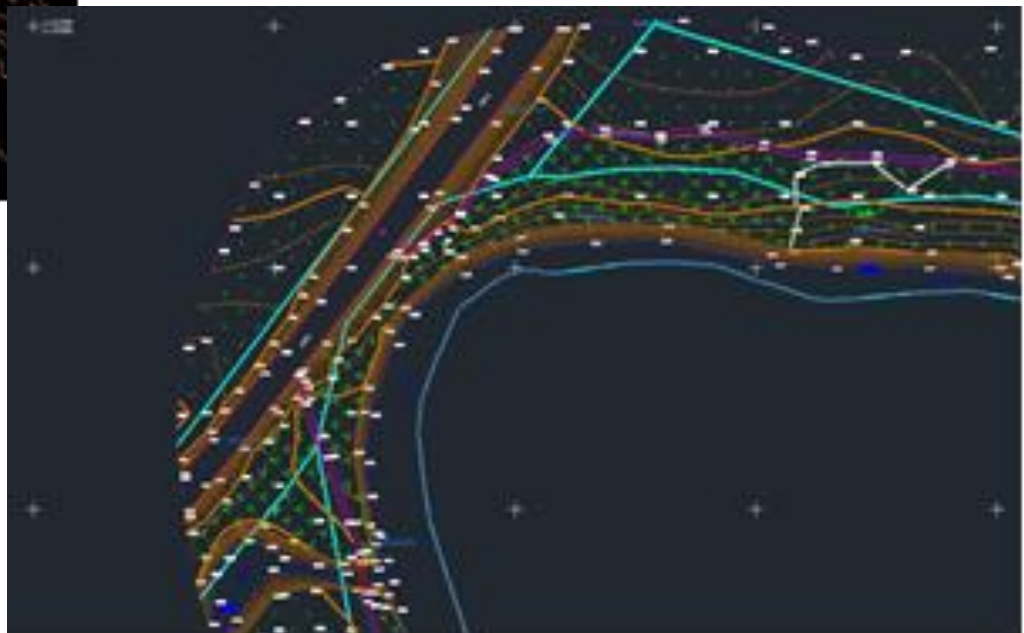
# Darbību turpinājums

Turpmākajos lāzerskanēšanas punktu mākoņu apstrādes procesos, izmantojot iegūtos reljefa modeļus, no tiem lietojot programmatūras iespējas tika veiktas reljefa – horizontālu zīmējuma ģenerācijas darbības – iegūstot reljefa ģenerācijas attēlus.

Sākotnējais ģenerācijas rezultāts veidojas robusts, grūti lasāms - ar manuālu apstrādi no tā veido kartei vai plānam atbilstošus reljefa zīmējumus.

*Rezultātus pievieno informācijas komplektiem, gan salīdzināšanai ar demarkācijas materiāliem, gan veidojot jaunus topogrāfiskos plānus vai kartes.*

*Robežposmu  
78 reljefa attēla ģenerācija;  
78 topogrāfiskais uzņēmums*



# Darbu turpinājumā

Izmantojot lāzerskanēšanas izejas materiālus un no tiem izstrādātos produktus, arī pieejamos aerofotografēšanas materiālus un no tiem veidotos ortofoto, iespējams veikt pilnvērtīgu topogrāfisko plānu un karšu izstrādi, aizstājot klasiskās uzmērīšanas tehnoloģijas.

Kartogrāfiskais materiāls tiek iegūts minimizējot lauka uzmērīšanas darbus – to pamatā veic kamerāli.

*Vienmēr jāatceras, ka veidojot topogrāfiskos plānus šādā tehnoloģijā nepieciešams ļoti rūpīgi pārdomāt un realizēt drošas pārbaudes – kontroles procedūras, lai izslēgtu cilvēciska faktoru kļūdu iespējamību.*

*Visdrošākā pārbaude parasti ir teritorijas apmeklējums ar jau sagatavoto produktu.*



# Lietojuma principi

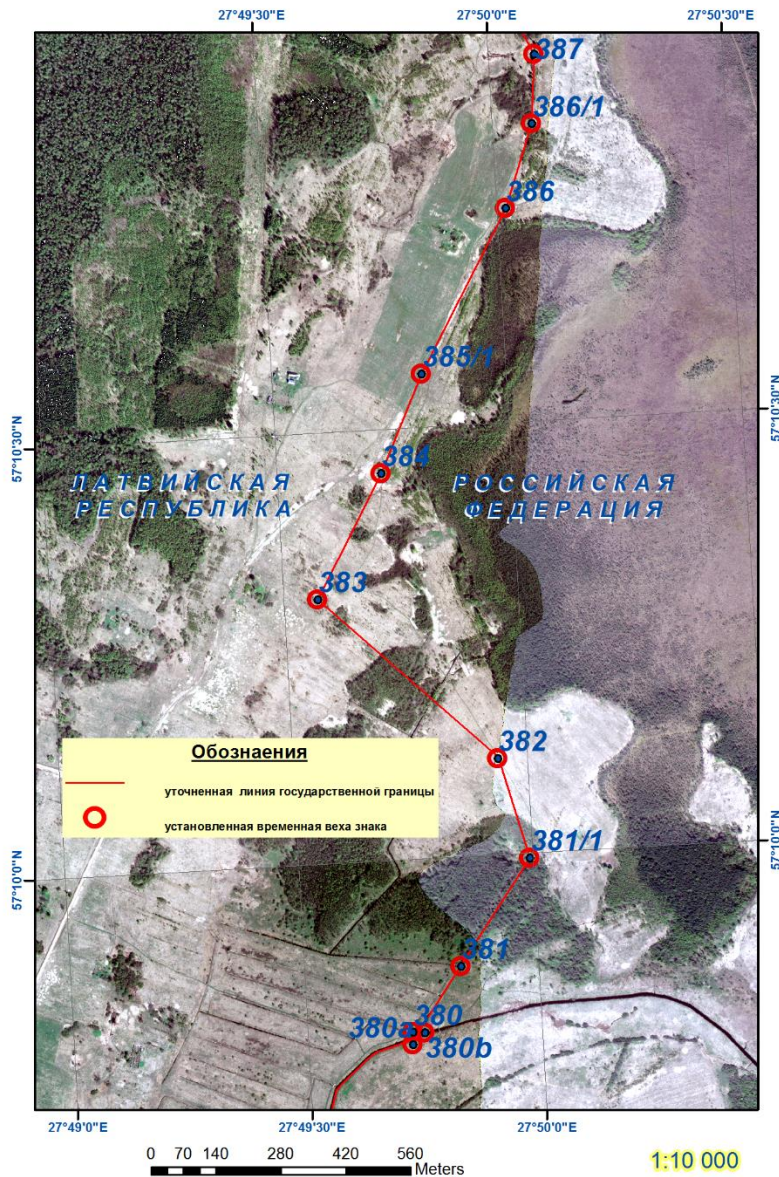
- Savietojot un salīdzinot iegūtos rezultātus, gan oriģinālu punktu mākoņu variācijās, gan tālāk pārstrādājot šos punktu mākoņus konkrētu teritoriju virsmas modeļos un ģenerējot reljefa zīmējumus, arī veidojot topogrāfiskās uzmērīšanas rezultātus tiek iegūti datu komplekti tālākai iegūtās informācijas salīdzināšanai ar valsts robežas demarkācijas dokumentos attēloto robežu.
- Plaši lietojot GIS programmatūru iespējas šāds salīdzinājums kļūst efektīgi un ātri realizējams, vienlaikus nodrošinot dažādu mērījumu un raksturlielumu ieguvi salīdzinājuma rezultātu ilustrācijai un pamatojumiem.

# Iegūtā pieredze

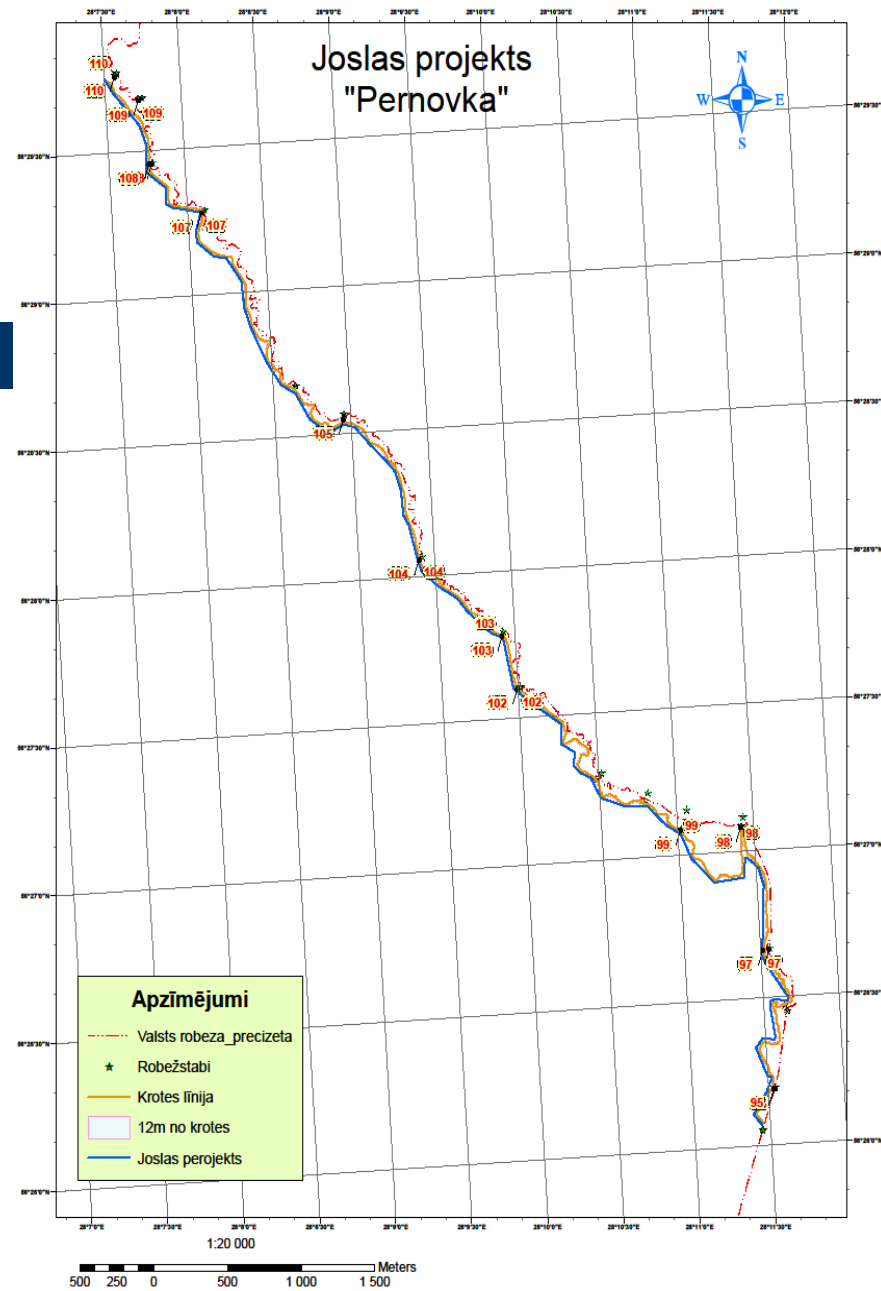
- uzrāda lielu efektivitāti valsts robežas līnijas vietas identificēšanā – tās saistību ar jauno apvidus situāciju.
- būtiska laika ekonomija tiek sasniegta robežas ūdensteču krasta līniju identifikācijā, vienlaikus to attēlojuma iegūtā precizitāte jau ir par kārtu augstāka par demarkācijas kartē attēloto.
- Robežzīmju identifikācijai un to stāvokļa novērtējumam labāku rezultātu nodrošināja paralēli iegūtais ortofoto materiāls (tikai tad kad robežzīmes atradās atklātās vietās) – skenera dati labu rezultātu dotu vismaz 2x palielinot skanēšanas punktu blīvumu.

# Уточненная Линия места прохождения Латвийско - Российской государственной границы

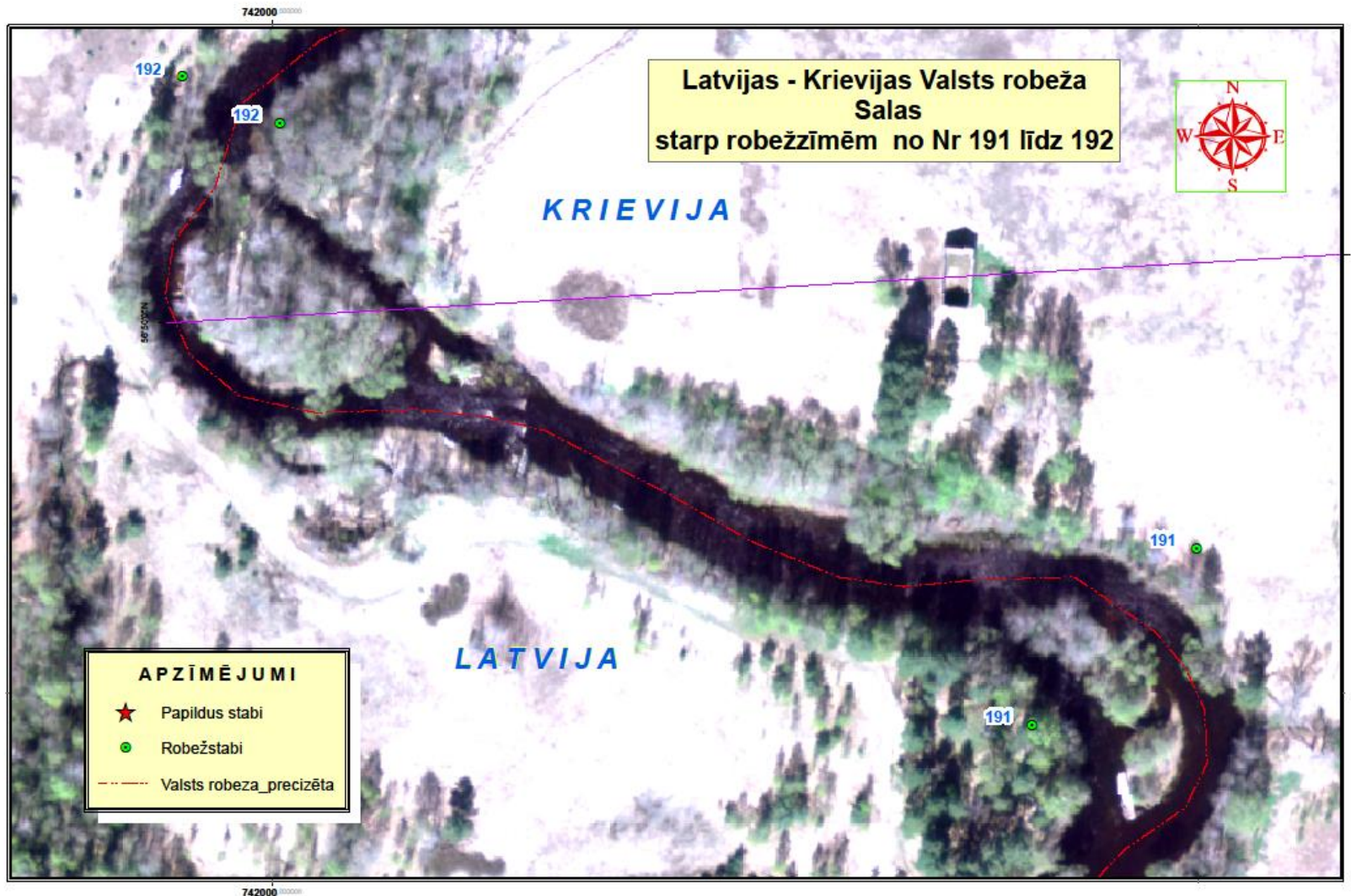
На участке между временными вежами № 380 и № 386



# Joslas projekts "Pernovka"







Latvijas - Krievijas Valsts robeža  
Salas  
starp robežzīmēm no Nr 191 līdz 192

- APZĪMĒJUMI**
- ★ Papildus stabi
  - Robežstabi
  - - - Valsts robeža\_precizēta

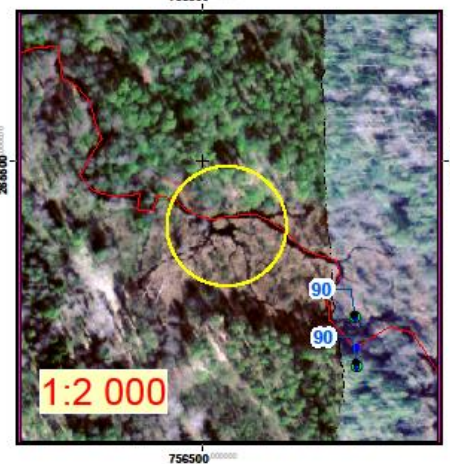
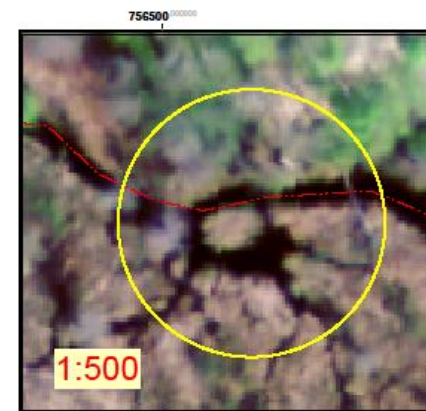
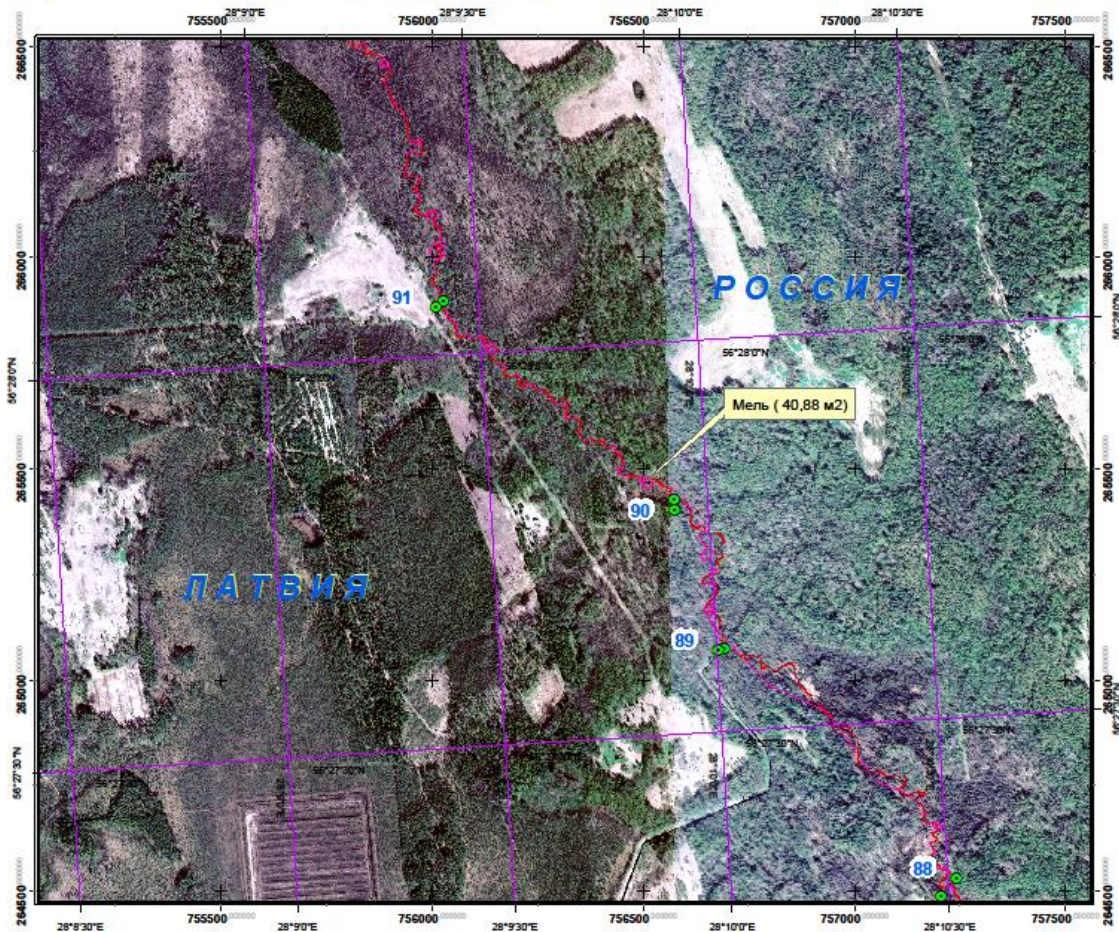
0 0,0175 0,035 0,07 0,105 0,14 Kilometers  
1:1 000

Coordinate System: LKS 1992 Latvia TM  
Projection: Transverse Mercator  
Datum: Latvia 1992  
False Easting: 500 000,0000  
False Northing: -6 000 000,0000  
Central Meridian: 24,0000  
Scale Factor: 0,9996  
Latitude Of Origin: 0,0000  
Units: Meter

Date: 2014.04.14.  
Author: A.Ratkevičs



**Латвийско -Российская государственная граница  
Острова, мели и отмели  
№ согласно списку - 1**



1:10 000

**ОБОЗНАЧЕНИЯ**

- Пограничные столбы
- Линия государственной границы

**Обозначения**

- Пограничные столбы
- Линия государственной границы

Coordinate System: LKS 1992 Latvia TM  
Projection: Transverse Mercator  
Datum: Latvia 1992  
False Easting: 500 000,0000  
False Northing: -6 000 000,0000  
Central Meridian: 24,0000  
Scale Factor: 0,9996  
Latitude Of Origin: 0,0000  
Units: Meter

Date: 2014.07.21.  
Author: A.Ratkevičs

# Nākošie ieguvumi

- Saistāmi ar robežas uzturēšanas – atjaunošanas darbu plānošanu, organizāciju un izpildi.
- Iegūtais un izstrādātais materiāls ir efektīvs cilvēku un darba tehnikas piekļuves iespēju, ceļu, taku un to reālā stāvokļa distancētas izvērtēšanas instruments.
- Tas attiecināms uz atjaunošanas darbu plānošanu, nepieciešamo darbu apjomu noteikšanu, īpaši rakšanas un apauguma tīrīšanas darbiem,
  - jo skanēšanas dati ļoti labi uzrāda apauguma parametrus gan nodalot kokus no krūmiem, gan uzrādot to augstumus, lapotņu platumus un pat stumbru izmērus kokiem.

# Secinājumi

Iepazīstoties ar eksperimentu gaitā iegūtajiem rezultātiem var izdarīt sekojošus secinājumus:

- Lāzerskanēšanas tehnoloģiju iespējas var sniegt būtisku kvalitatīvu un kvantitatīvu uzlabojumu valsts robežas uzturēšanas darbu ģeoinformācijas nodrošinājumā;
- Sākot lietot Lāzerskanēšanas tehnoloģijas, lietojot modernās Dronu – lidaparātu platformas ar automatizētām lidojumu vadības iespējām un atbilstošām lāzerskanēšanas iekārtām, darbu izmaksas kļūst mazākas pieaugot darba izpildes daudzveidībai un operatīvai izpildei;
- Pašreiz pieejamais pieredzes potenciāls LIDAR tehnoloģiju pielietojumam valstu robežu uzturēšanā, Latvijas robežu gadījumos, atrodas sākotnējā attīstības un pieredzes uzkrāšanas fāzē;
- Lāzerskanēšanas rezultātā iegūto iespēju un pildāmo darbu rezultāti, to lietošanas apjomi un efektivitāte, robežas uzturēšanas pasākumos atrodas sākotnējās apzināšanas fāzē un nepieciešams turpināt to izpēti, attīstību, izstrādes un praktiskās pieredzes uzkrāšanu.



# Atsauces - literatūra

Бурбан П.Ю. Опыт использования спутниковых технологий и данных дистанционного зондирования Земли при демаркации государственной границы. «Земля Беларуси». №3, Минск 2012 г. Стр. 6-8.

Ratkevičs A., Celms A., Kukule I., (2016) Geodetic base preparation for state border demarcation, Proceedings “Modern advancements on geodetic science and industry” volume II (32) of Western Geodetic Society of Ukrainian Society of Geodesy and Cartography, Lviv Polytechnic National University press, Lviv, 2016, 45 - 56 pp.

Бурбан П., Раткевич А.,(2016) Современные технологии при создании общего геодезического обоснования демаркации государственной границы. Geoforum 2016, Lvova, Современные достижения геодезической науки и практики, Выпуск 31, стр. 16, ISSN 1819-1339

Ratkevičs A., Celms A., Reķe I.,(2016) **The choose of Latvian state border demarcation geodetic substantiation and impact on future work quality.**

Архипов А.И., “Установление и содержание государственной границы Республики Беларусь (1991-2010 гг.)”: учебно-методическое пособие, Орша, Оршанская тип., 2011. — 264 с. ISBN 978-985–7016–04–4

Ratkevič.A. Celms.A. Veliks.A. (2017)Virsmas uzmērīšana pielietojot bezpilota lidaparātu ar lāzerskanēšanas iekārtu, Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātne: referātu tēzes, Rīga, Latvija, 30.janv.-7.febr., 2017/ Latvijas Universitāte (Latvijas Universitātes 75. Zinātniskā konference).Rīga,2017.265.-266.lpp.,URL:[https://www.geo.lu.lv/fileadmin/user\\_upload/lu\\_portal/projekti/gzzf/Konferences/Zin\\_kof\\_tezes\\_GZZF\\_2017\\_1105.pdf](https://www.geo.lu.lv/fileadmin/user_upload/lu_portal/projekti/gzzf/Konferences/Zin_kof_tezes_GZZF_2017_1105.pdf) ISBN 9789934556227.

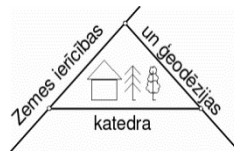
Ratkevičs.A. Celms.A. Puķīte.V. (2017) Valsts robežas demarkācijas uzmērīšanas darbu kvalitātes novērtējums, pielietojot tālzipētes materiālus / Aivars Ratkevičs, Armands Celms, Vivita Baumanne // Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātne: referātu tēzes, Rīga, Latvija, 30.janv.-7.febr., 2017 / Latvijas Universitāte (Latvijas Universitātes 75. zinātniskā konference). Rīga, 2017. 263.-264.lpp., URL: [https://www.geo.lu.lv/fileadmin/user\\_upload/lu\\_portal/projekti/gzzf/Konferences/Zin\\_konf\\_tezes\\_GZZF\\_2017\\_1105.pdf](https://www.geo.lu.lv/fileadmin/user_upload/lu_portal/projekti/gzzf/Konferences/Zin_konf_tezes_GZZF_2017_1105.pdf) ISBN 9789934556227.

Kodors.S., Rausis.A., Ratkevics.A., Zvirgzds.J., Teilans.A., Ansonē.I.(2017) Real estate monitoring system based on remote sensing and image recognition technologies / Procedia Computer Science. Vol. 104: Proceedings of Riga Technical University ICTE 2016; (2017), p. 460–467. DOI: 10.1016/j.procs.2017.01.160,URL:<http://dx.doi.org/10.1016/j.procs.2017.01.160>,URL:<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2s2.085016078664&doi=10.1016%2Fj.procs.2017.01.160&partnerID=40&md5=0f9eed2cac38c71cf99aaae19c951433>,URL:<http://gateway.webofknowledge.com/gateway/Gateway.cgi?GWVersion=2&SrcAuth=Alerting&SrcApp=Alerting&DestApp=WOS&DestLinkType=FullRecord;UT=WOS:000399478800062>

Ratkevičs.A. Celms.A. Puķīte.V. (2017) Remote sensing methods and materials usage in state border demarcation works = Використання методів та матеріалів дистанційного зондування для демаркації державного кордону = Использование методов и материалов дистанционного зондирования для демаркации государственной границы / A. Ratkevičs, A. Celms, V. Baumanne // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва: Збірник наукових праць Західного геодезичного товариства УТГК. Львів,2017. Вип.1(33), с.172-178, URL: <http://vlp.com.ua/node/16934> ISSN 1819-1339.



# Paldies par uzmanību!



***Mg.sc.ing. Aivars Ratkevičs,  
[aivars.ratkevics@apollo.lv](mailto:aivars.ratkevics@apollo.lv)  
Dr.sc.ing. Armands Celms  
[armands.celms@lu.lv](mailto:armands.celms@lu.lv);  
SIA "A-GEO" valdes priekšsēdētājs  
**Andrejs Veliks**  
[andrejs.veliks@a-geo.lv](mailto:andrejs.veliks@a-geo.lv)***