

Valsts pētījumu programmas SOPHIS 4.projekts

Tehnoloģijas drošai un uzticamai gudrajai pilsētai

Dalībnieki: Elektronikas un datorzinātņu institūts (EDI)
RTU Telekomunikāciju institūts (RTU TI)
RTU Būvniecības fakultātes Ūdens pētniecības
laboratorija (RTU BF)

Projekta vadītājs: Ints Mednieks (EDI)
mednieks@edi.lv

Seminārs 30.03.2016

Saturs

- **Pārskats par projekta izpildi 1.-2.posmos**
- **EDI BIGDATA – video datu apstrāde drošai pilsētvidei**
- **EDI REMSENS – tālizpētes datu izmantošana pilsētu izpētei un monitorēšanai**
- **EDI RADAR – ultraplattjoslas radaru izmantošana**
- **RTU TI – optisko sakaru tīklu veidošana pilsētas drošības jautājumu risināšanai (Jurgis Poriņš)**
- **RTU BF – pilsētas ūdensapgādes sistēmas piesārņojuma kontrole (Sandis Dejus)**

Mērķis

- **Attīstīt pasaules līmeņa kompetenci „gudro” pilsētu (smart cities) tehnoloģiju jomā**
 - **Teorētiski pētījumi**
 - **Pielietojumi**

Uzdevumi

- **Nodrošināt pilsētas centralizētu monitoringu drošības vajadzībām:**
 - datu ievākšanu no video un citiem sensoriem
 - datu ātru pārraidi, izmantojot optiskos sakarus (RTU TI)
 - efektīvu apstrādi, lai atpazītu konkrētus drošības apdraudējumus (EDI BIGDATA)
- **Attīstīt ultraplatjoslas radaru tehnoloģijas (EDI RADAR):**
 - drošības sistēmu uzlabošanai (telpās, stāvvietās,...)
 - pazemes infrastruktūras kartēšanai
- **Veicināt tālizpēti (satelītu vai lidmašīnās bāzētu sensoru) datu izmantošanu (EDI REMSENS):**
 - zemes izmantošanas kategoriju klasifikācijai
 - pilsētas zaļās zonas dinamiskai monitorēšanai
 - ārkārtas situāciju kontrolei (plūdi, vētras, ugunsgrēki)
- **Izveidot pilsētas ūdensapgādes sistēmas kontroles sistēmu (RTU BF)**

Projekta plānotie rezultāti

- **Multi-sensoru punktu specifikācija (zinātniska atskaite)**
- **Jauna optisko sakaru tehnoloģija (RTU TI)**
- **Jaunas video datu apstrādes metodes – 2 (EDI BIGDATA)**
 - **Programmu paketes metožu realizācijai**
- **Jaunas tālizpētes datu apstrādes metodes – 2 (EDI REMSENS)**
 - **Programmu paketes metožu realizācijai**
- **Jauna ultraplatjoslas radaru tehnoloģija (EDI RADAR)**
 - **Jaunas maketierīces**
- **Jauna ūdensapgādes sistēmas kontroles sistēma (RTU BF)**
- **Ziņojumi konferencēs – 12, raksti - 21**

Sasniegtie rezultātīvie rādītāji

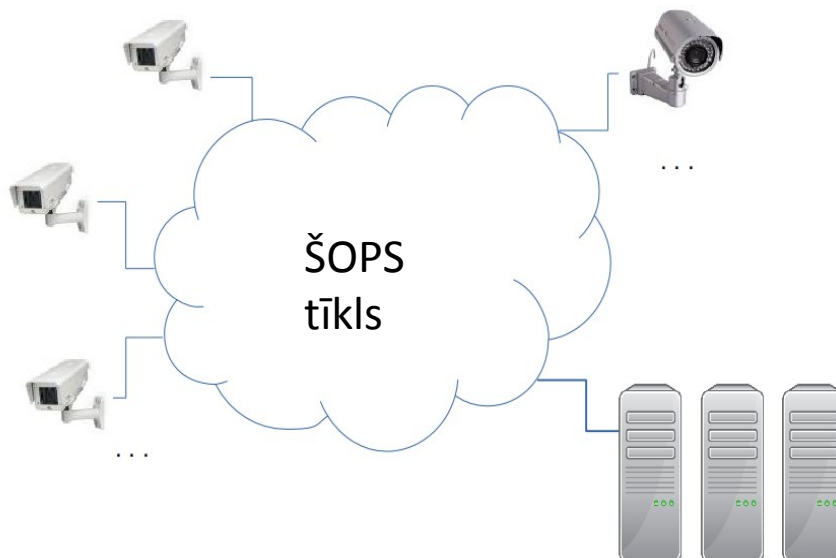
- Ziņojumi konferencēs: 4/6 (plānots/reāli 1.-2.etapā)
- Zinātniski raksti (SCOPUS): 5/5 + 5 iesniegti
- Aizstāvēto promocijas darbu skaits: 2/1
- Aizstāvēto maģistra darbu skaits: 5/7
- Patenti: 2/2

EDI BIGDATA

Uzdevums: Attīstīt video analīzes algoritmus un metodes iepriekš zināmu darbību vai notikumu scenāriju atpazīšanai pilsētas drošības veicināšanai

1.-2. posmu apakšuzdevumi:

- * Apzināt labākos tehnoloģiskos risinājumus video analīzei
(Mākslīgie neironu tīkli (MNT) tika identificēti kā perspektīvākā tehnoloģija)
- * MNT apmācības vides un rīku sakārtošana
(TensorFlow izvēlēta kā galvenā MNT apmācības vide)
- * Divu klašu objektu atšķiršanas piemēra MNT (apmācība un klasifikācija)
- * MNT risinājumu izpēte videoanalīzes uzdevumiem
(Face2vec, Autoencoder, Objektu skaitīšana)



Augstas veiktspējas serveri ar
grafiskajiem procesoriem , MNT

Datu savākšanas un apstrādes koncepcija:

- * Izmantot esošo infrastruktūru
(gan eksistējošus aparatūriskos risinājumus, gan EDI infrastruktūru)
- * EDI **TestBed** video savākšana ar 40 videokamerām
(simulē reālos datu savākšanas apstākļus)
- * Savākto datu klāsterizācija ar *dziļo apmācību* konkrētu problēmu risināšanai
(piem., objektu atpazīšana dažādās kamerās jeb sekošana, personu identificējošas informācijas aizsardzība un slēpšana video)

Skaitļošanas vides un rīku sakārtošana

Jupyter, JupyterHub

Python

OpenCV

TensorFlow

nVidia CUDA, CUDNN

C/C++

Ubuntu 14.04 OS



1 HPC serveris

HPC klāsteris

1 serveris

1 piekļuves un 12
skaitļošanas
serveri

2x Intel Xeon
CPU E5-2650 2.6
GHz

2x Intel Xeon
CPU E5-2650 2.6
GHz

128 GB RAM

64 GB RAM

4x Nvidia Tesla
K20 GPU (3.52
Tflops, 5 GB)

1x Nvidia Tesla
K40 GPU (4.29
Tflops, 12 GB)

Solver
[solver.prototxt](#)
Network (train/val)
[train_val.prototxt](#)
Network (deploy)
[deploy.prototxt](#)
Raw caffe output
[caffe_output.log](#)

Dataset
[cats_and_rabbits](#)
Done Nov 09, 04:48:07 PM
Image Size
256x256
Image Type
COLOR
Create DB (train)
1974 images
Create DB (val)
658 images
Encoding
png

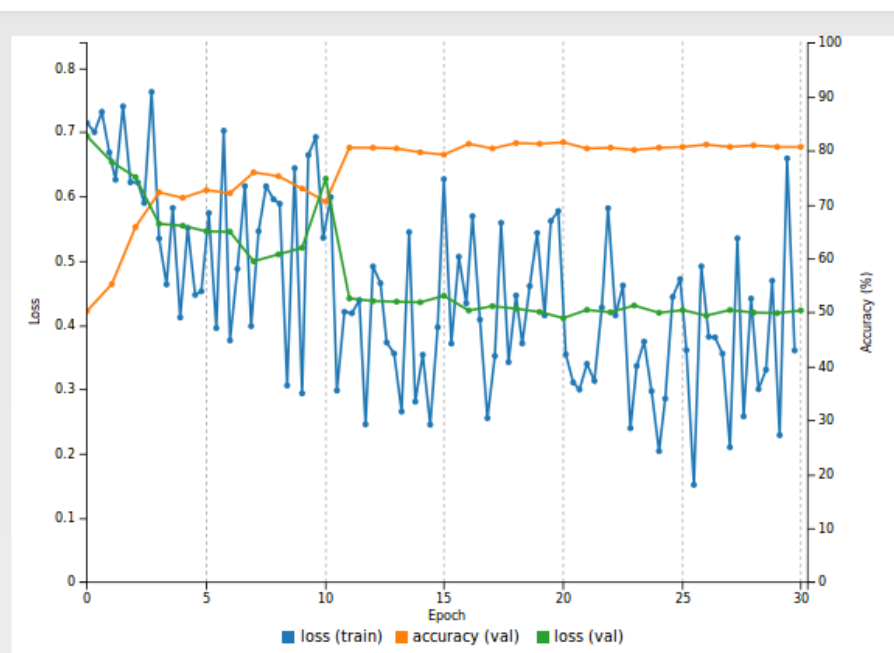
Job Status Done

- Initialized at Nov 09, 05:24:13 PM (1 second)
- Running at Nov 09, 05:24:14 PM (4 minutes, 46 seconds)
- Done at Nov 09, 05:29:00 PM (Total - 4 minutes, 47 seconds)

Train Caffe Model Done ▾

“Kaķis vai Zaķis” detektors DIGITS-2 vidē

Klasifikācija pie
marķētiem datiem



View Large

Face2vec - Unikālu objektu atpazīšana

COLOR-FERET

Trenaža kopa:

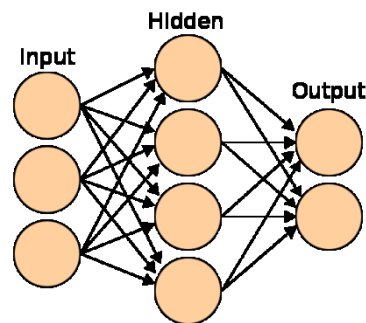
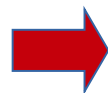
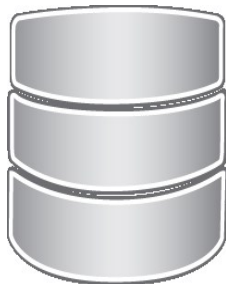
10148 attēli

905 klases

Pārbaudes kopa:

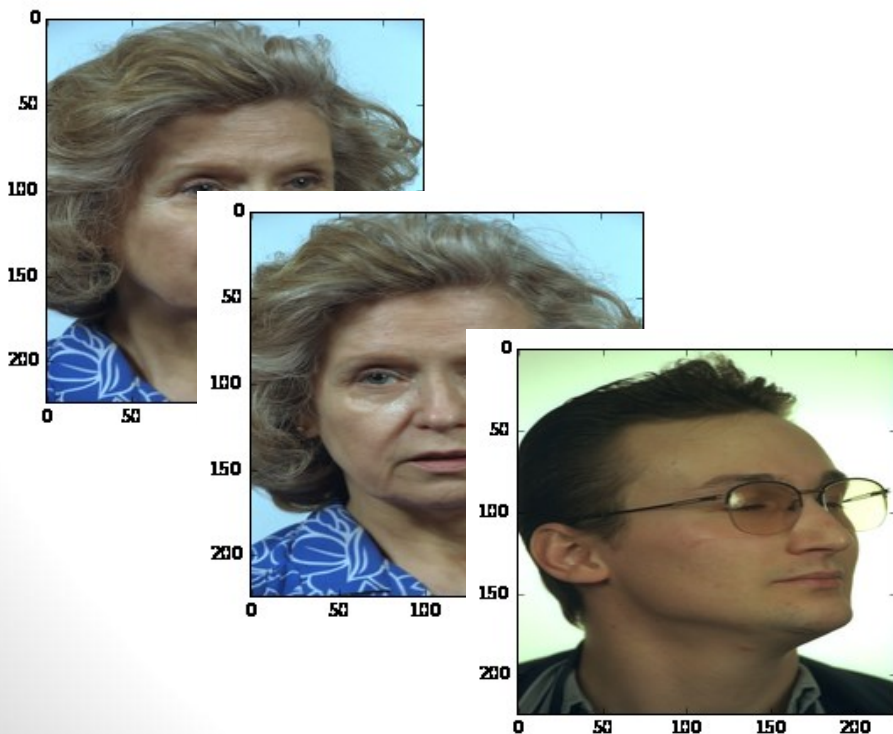
1190 bildes

108 klases



Pazīmju
vektors

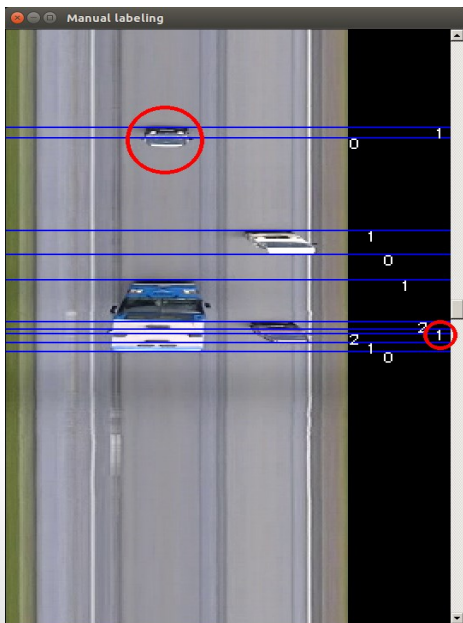
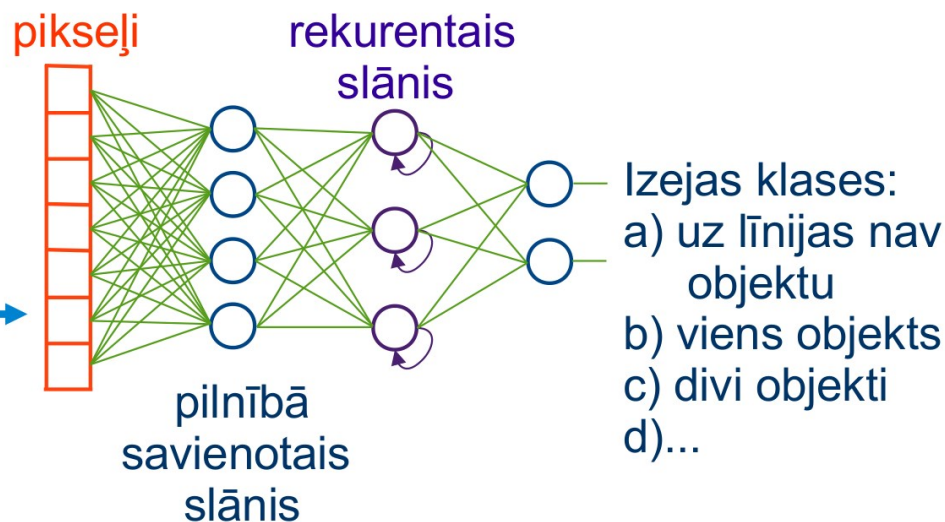
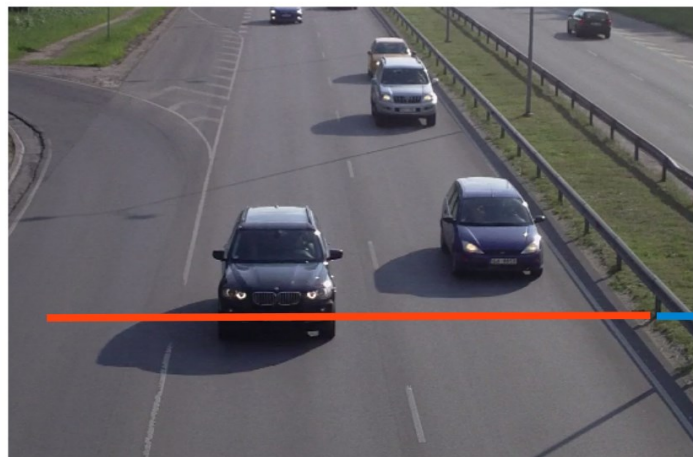
AlexNet ANN



Rezultāts:

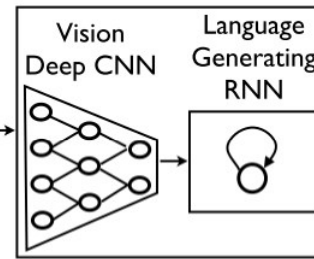
- Klase atrasta uzreiz 52.27%
- Divas varbūtīgākās klases 68.51%
- 3 varbūtīgākās klases 77.02%
- 4 varbūtīgākās klases 83.16%

Kustīgu objektu atklāšana video



- Atklāšanas algoritms:
 - Atklāšanas līnija kadrā – viena pikseļu rinda
 - Neironu tīkls ar rekurentu slāni
 - Tīkla izejā klasifikācija – cik objektu uz līnijas
- Izveidota programma datu ātrākai marķēšanai

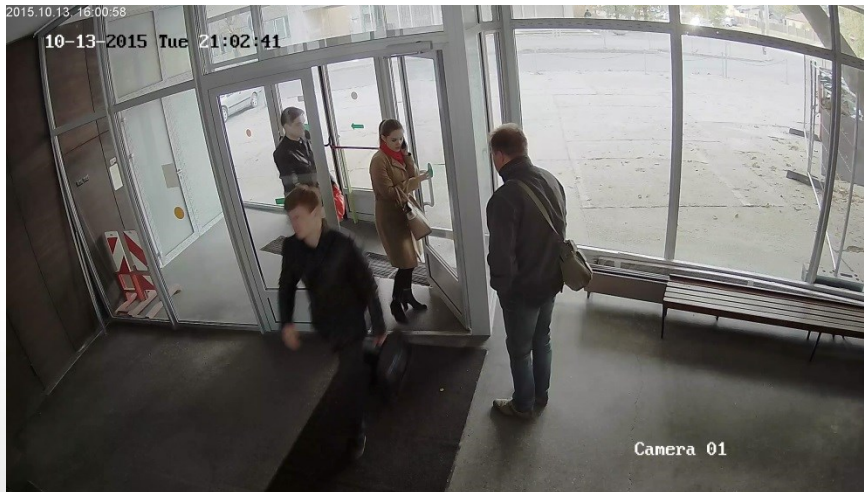
Attēls → attēla apraksts



A group of people shopping at an outdoor market.

There are many vegetables at the fruit stand.

- Neural-talk: <https://github.com/karpathy/neuraltalk2>
- Neural-storyteller: <https://github.com/ryankiros/neural-storyteller>



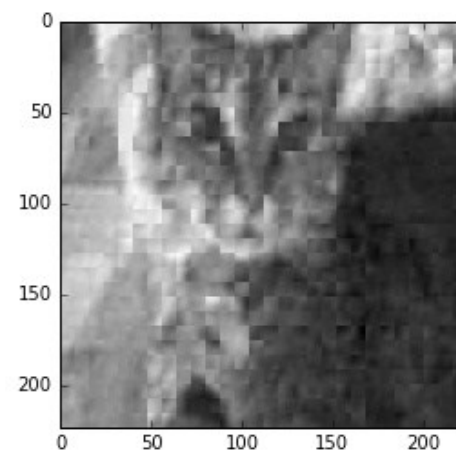
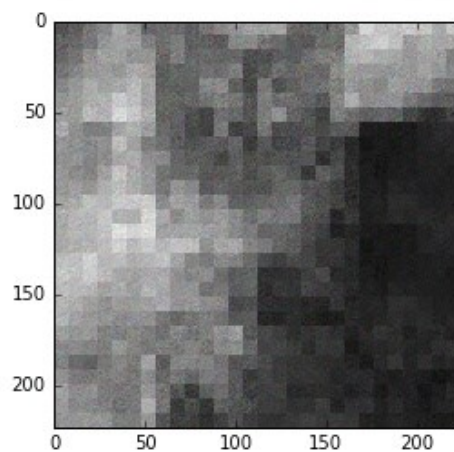
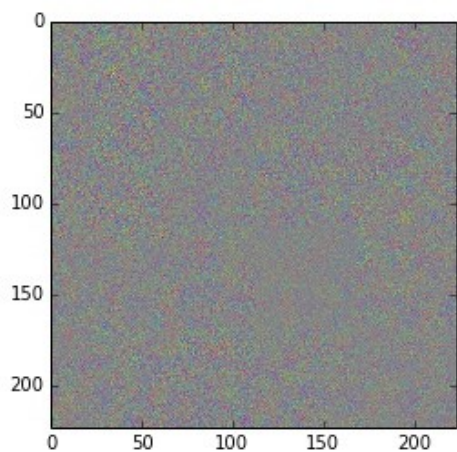
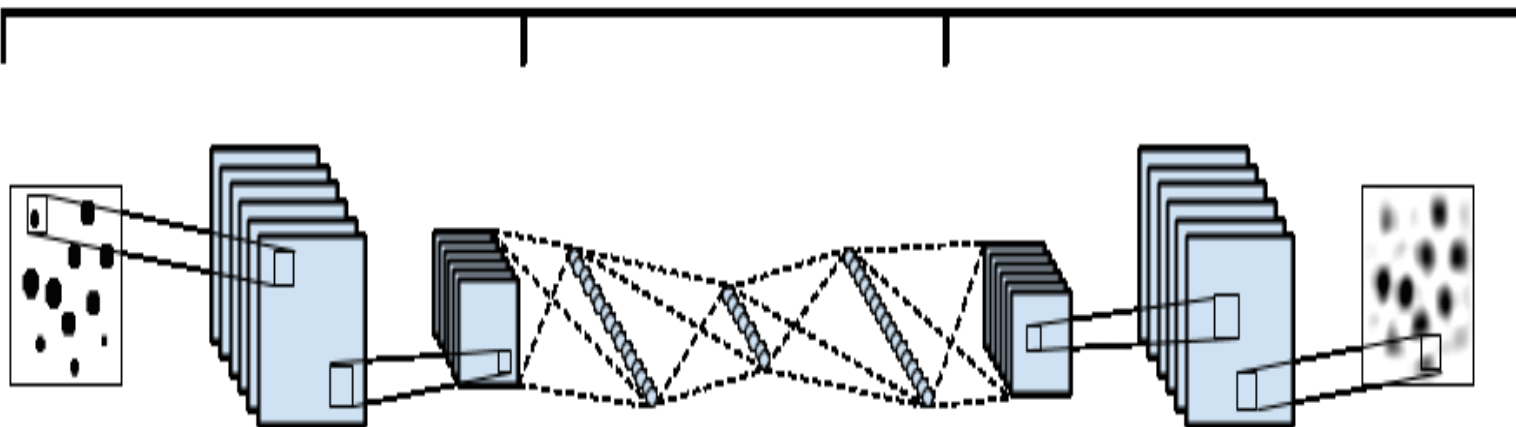
- 1) A few boys ride their skateboards on the bridge.
- 2) A group of people standing on the bridge.
- 3) A couple of guys that are next to bridge
- 4) A group of young guys riding a skateboard across a bridge.
- 5) People walking on a bridge with much luggage

Sparse Auto-Encoder

Convolution step (convolution + pooling)

Fully connected encoding step

Decconvolution step (deconvolution + unpooling)



EDI REMSENS

- 1. Zemes izmantošanas klasifikācija**
 - a) Divu sensoru datu kopēja izmantošana**
 - b) Informatīvu spektra joslu izvēle hiperspektrālo attēlu klasifikācijai**
- 2. Veģetācijas un tās izmaiņu kartēšana**
- 3. Zemes augstuma modeļu veidošana no LiDAR datiem**

Divu dažādu sensoru datu ar dažādu izšķirtspēju kopīga izmantošana klasifikācijai

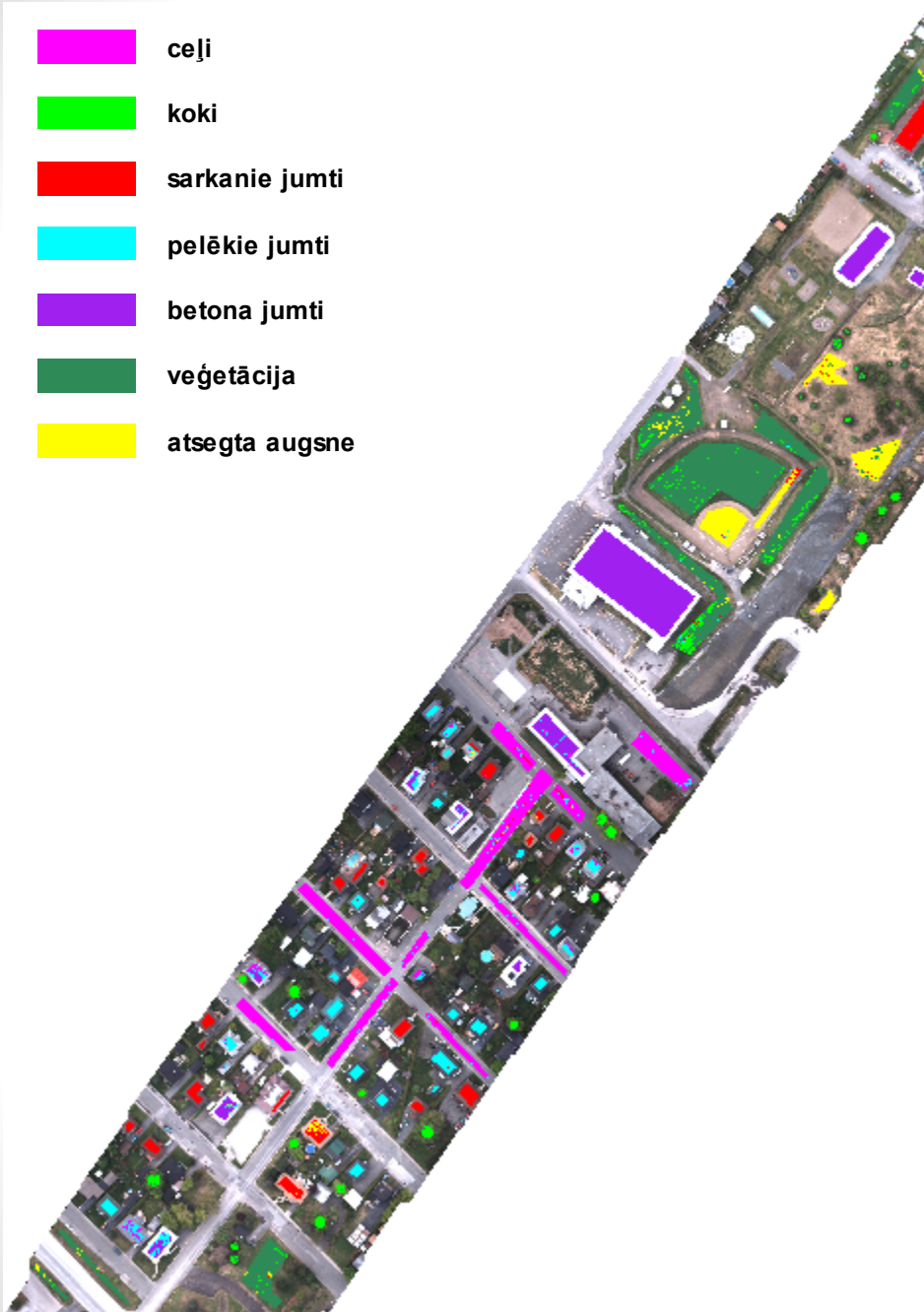
RGB attēls
0,2m pikselis



Termālā hiperspektrālā sensora attēls
~1m pikselis



- ceļi
- koki
- sarkanie jumti
- pelēkie jumti
- betona jumti
- veģetācija
- atsegta augsne



Beijesa klasifikators
no 2 attēliem;
konstruēts, izmantojot
3 multidimensionālu
varbūtību sadalījumu
kombināciju

Precizitāte, %

ceļi	96
koki	90
sarkanais jumts	96
pelēkais jumts	83
betona jumts	97
veģetācija	91
atsegta augsne	94
Kopējā precizitāte, %	93

Informatīvo spektra joslu izvēle hiperspektrālo attēlu klasifikācijai

Indian Pines hiperspektrālais attēls

Izmērs 145x145 pikseļi

220 spektra joslas (0.4 – 2.5 μm)

Telpiskā izšķirtspēja 20m



Zināmi 16 kategoriju lauka dati



Stone-steel towers
Bldg-Grass-Tree-Drives
Woods
Wheat
Soybean-clean
Soybeans-min
Soybeans-notill
Oats
Hay-windrowed
Grass/pasture-mowed
Grass/Trees
Grass/Pasture
Corn
Corn-min
Corn-notill
Alfalfa
Background

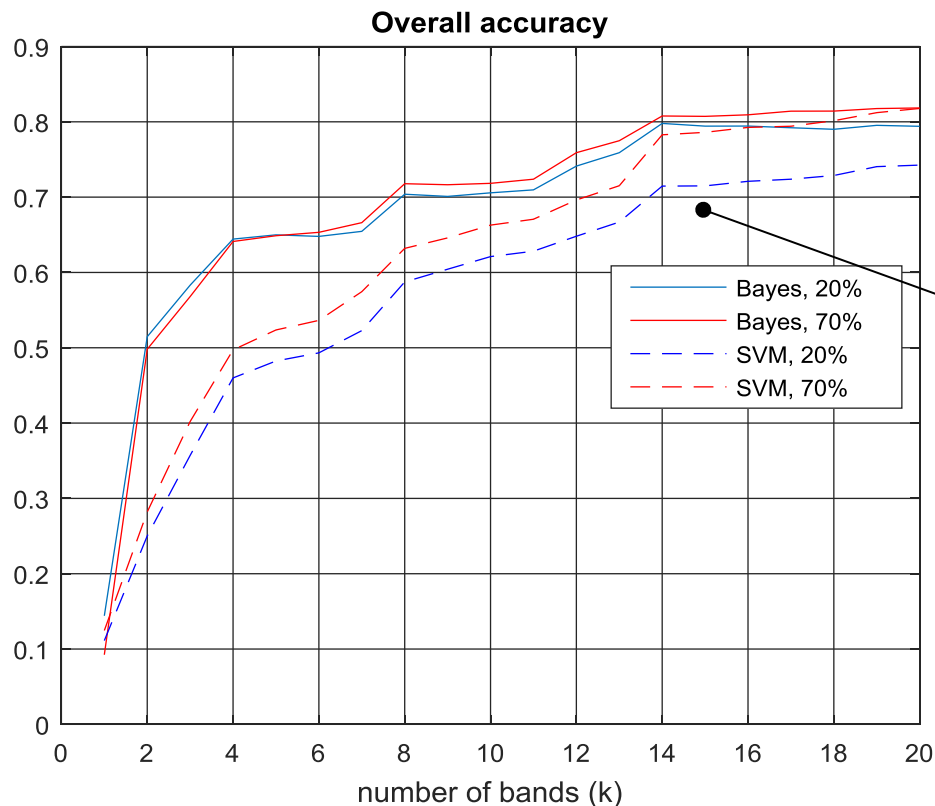
Joslu izvēles procedūra

1. Izslēgt ūdens absorbcijas joslas [1]
2. Izslēgt joslas ar zemu signāla-trokšņa attiecību (ja korelācija starp blakus pikseļiem)
3. Meklēt pirmo joslu ar maksimālo entropiju $H_j(X)$
4. Meklēt joslu ar maksimālo entropijas/ kovariācijas attiecību ar iepriekš iekļauto joslu veidoto signālu X_l^*

$$\max_{j \notin \{i_1, i_2, \dots, i_l\}} \frac{H_j(X)}{\left| \text{cov}(X_l^*, X_j) \right|} = \frac{H_{l+1}(X)}{\left| \text{cov}(X_l^*, X_{l+1}) \right|}$$

5. Pārbaudīt, vai jaunajai joslai nav spēcīga korelācija ar kādu no iepriekšējām; ja ir, komplektā neiekļaut
6. Izpildīt 4.-5., kamēr atrasts vajadzīgais skaits joslu k

Klasifikācijas rezultāti



Beijesa un Support Vector Machine (SVM) klasifikatori

K.Sun et al. SVM ar 15 joslām un 20% apmācības pikseļu:
→ $OA=0,69$ [2]

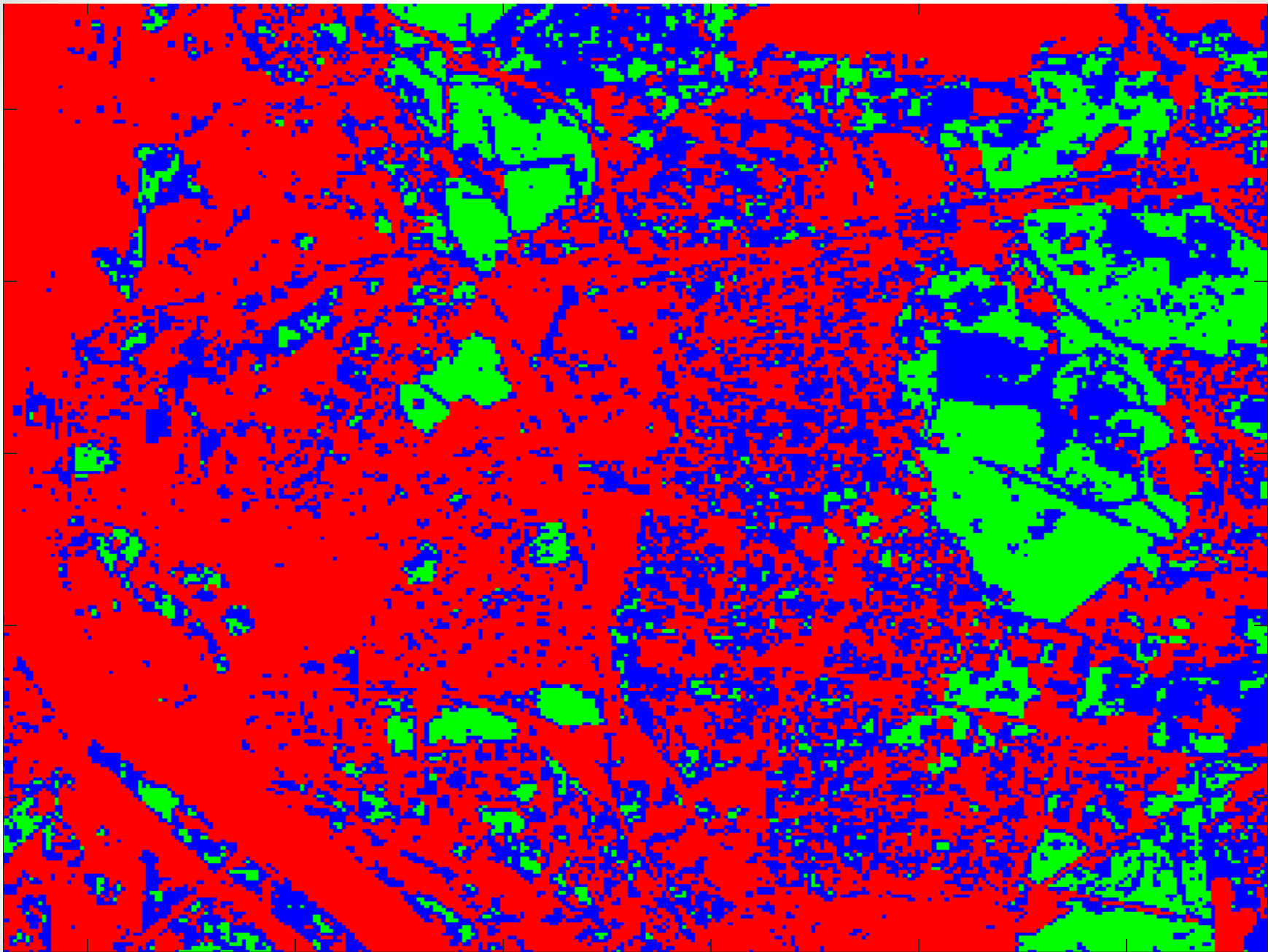
Veģetācijas un tās izmaiņu kartēšana

- Izmantotie dati
 - LANDSAT-8 attēli (30m telpiskā izšķirtspēja)
 - WorldView-2 attēli (2m telpiskā izšķirtspēja)
 - Sentinel-2A attēli (10m telpiskā izšķirtspēja)
- Metodes
 - Normalizētais diferenciālais veģetācijas indekss (NDVI)
 - Pseudokrāsu attēlu veidošana
- Problēmas
 - Izšķirtspēja
 - Mākoņi, ēnas
 - Gadalaika ietekme
- Tālākais darbs- veidot veģetācijas izmaiņu vizualizācijas programmu no Sentinel-2 datiem

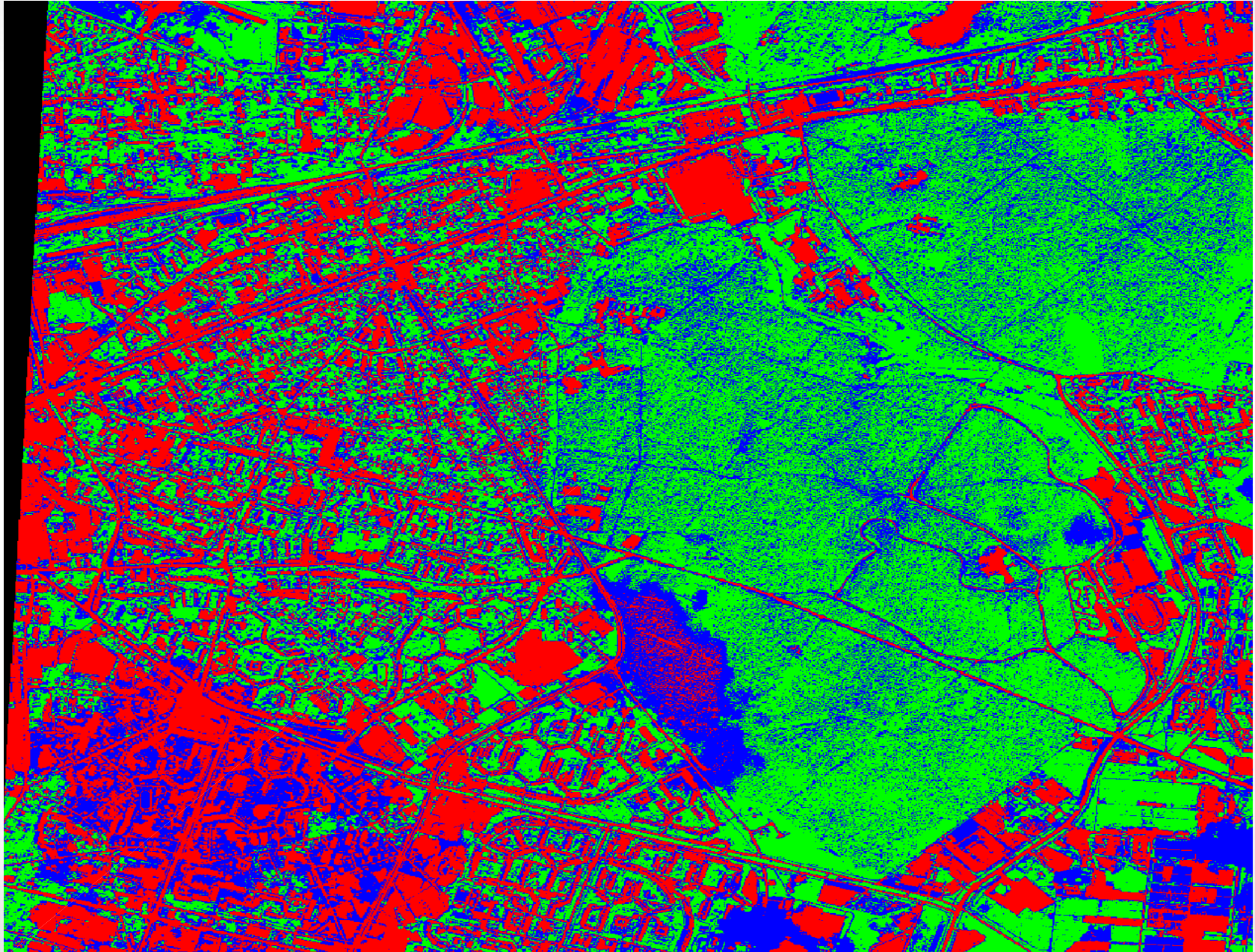


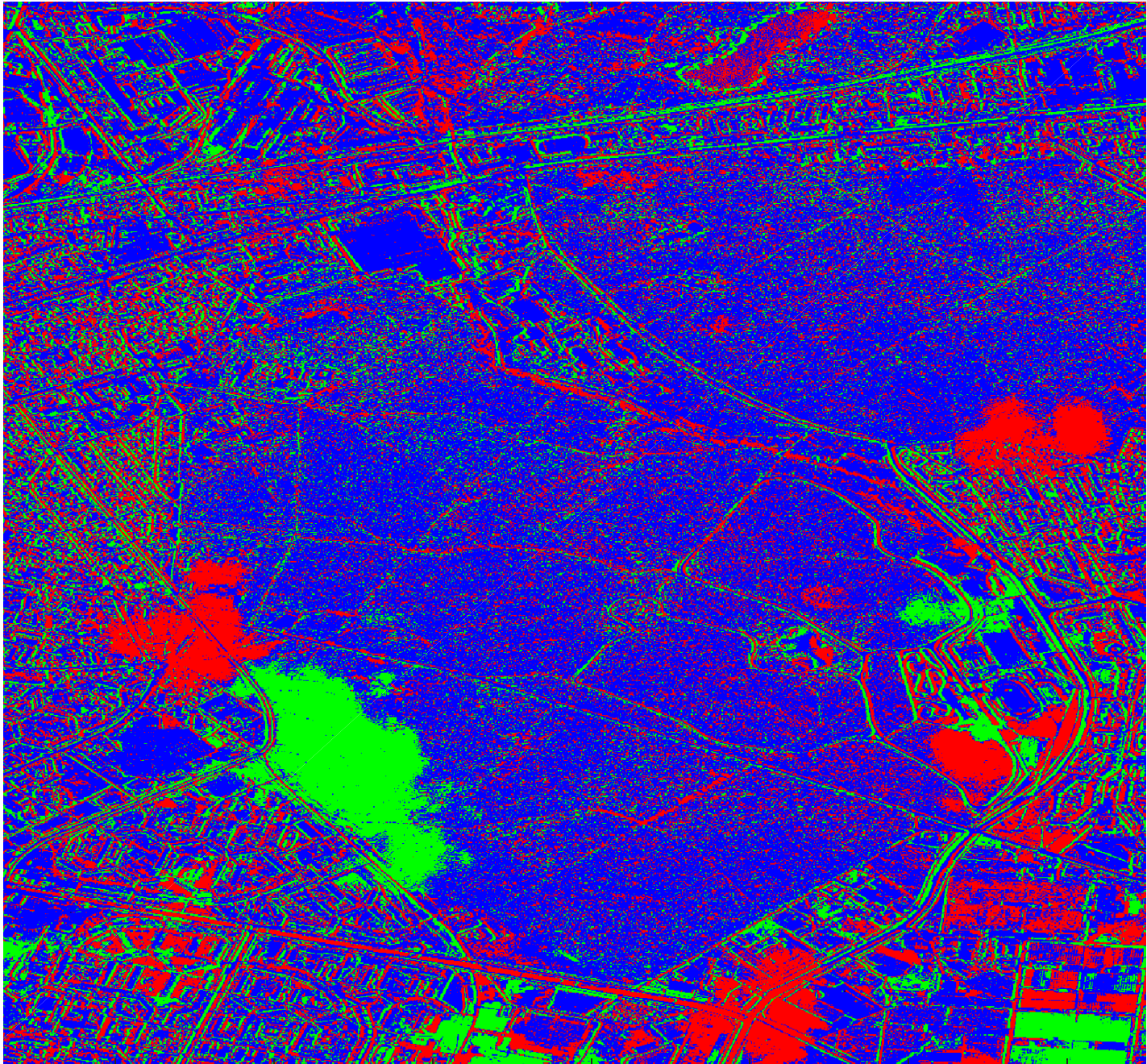
**Normalizētais
Diferenciālais
Veģetācijas
Indekss**





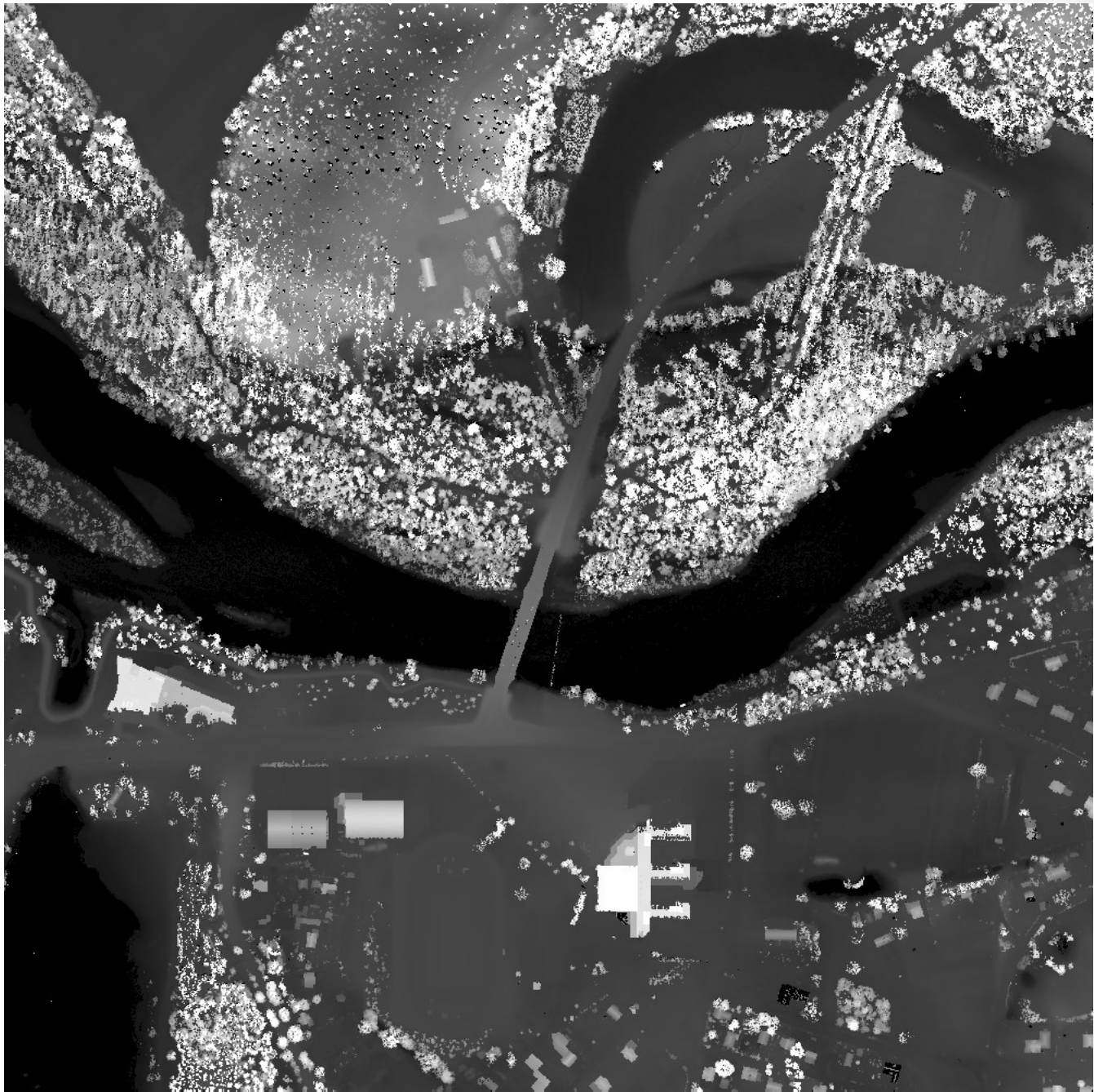
WorldView-2 : izšķirtspēja 2m

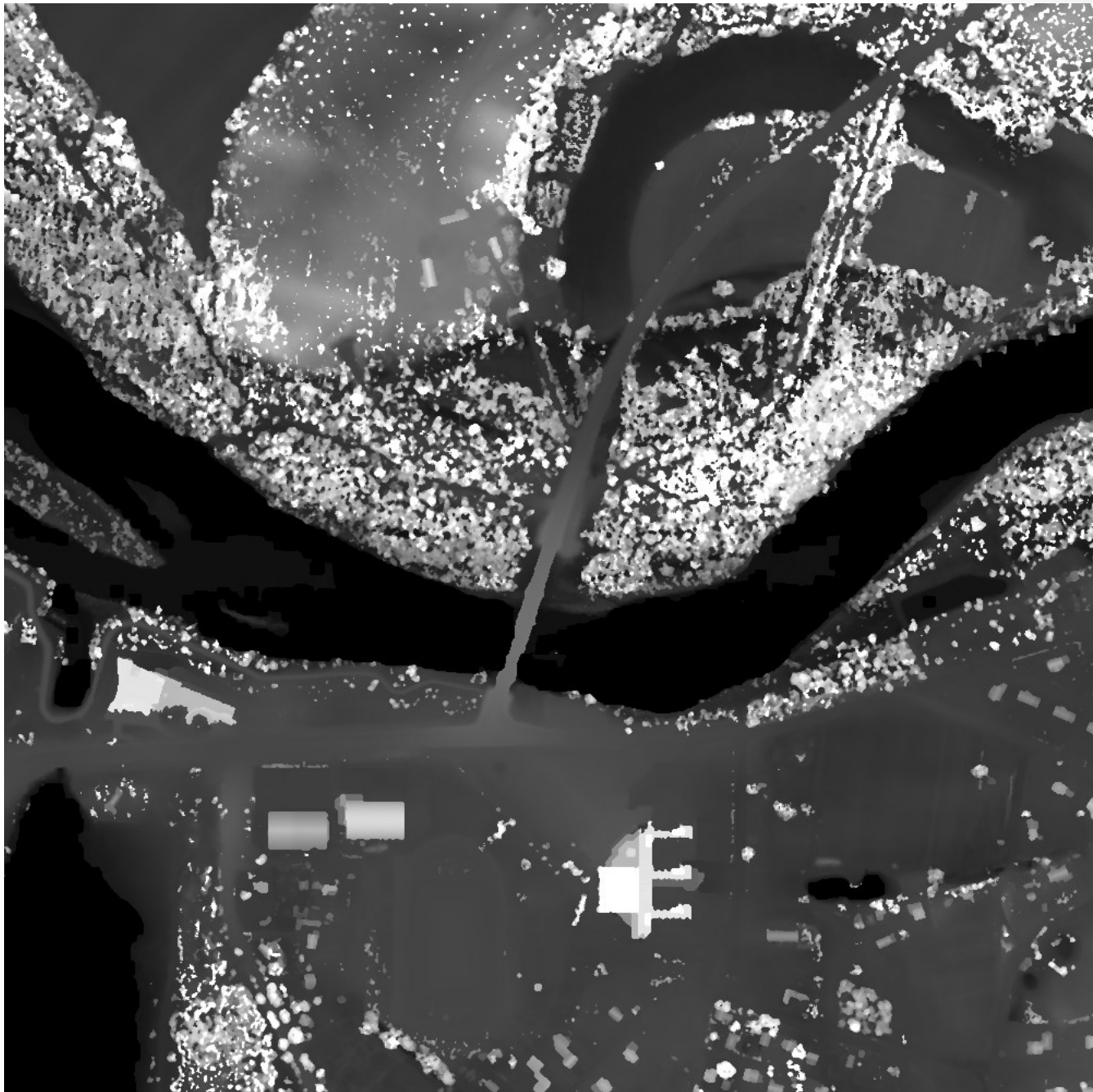




Zemes augstuma modeļu veidošana no LiDAR datiem

- Izmantotie dati
 - Latvijas ģeotelpiskās informācijas aģentūras LiDAR dati (vidēji 4 punkti/ m²)
- Algoritms
 - Izveido augstuma attēla režģi ar izvēlētu izšķirtspēju (1m)
 - Piepilda attēlu, katram pikselim atrodot punktu ar mazāko augstumu
 - Pikseļiem, kuriem trūkst datu, piešķir blakus mazākās blakus vērtības (lielākiem tukšiem apgabaliem paliek 0)
 - Filtrē ar mediānas filtru
- Tālākais darbs- veidot «applūšanas» vizualizācijas programmu



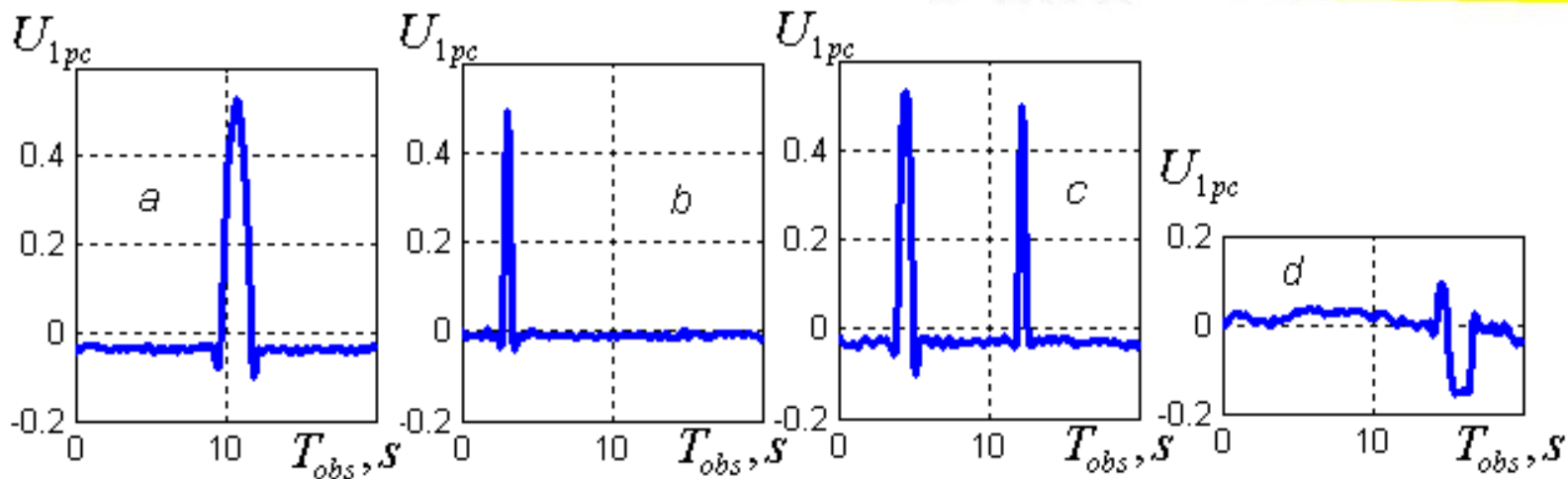
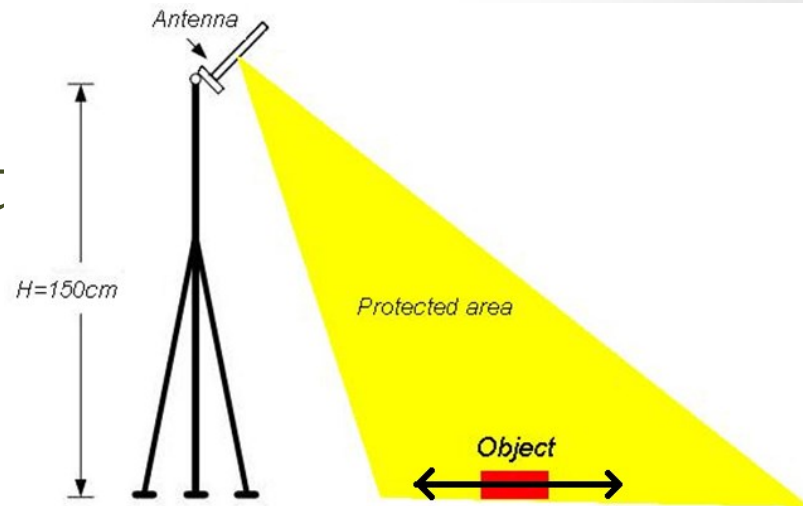


EDI RADAR

Ultraplatjoslas (UWB) tehnoloģiju un tās balstītu sistēmu izstrāde pilsētas drošības monitoringam

1. Pielietojumu izpēte telpu drošības sistēmu izveidei.
2. Tālīzpētes datu ieguve un apstrāde, izmantojot bezpilota lidaparātu – oktokopteri.
 - Netieša veida materiālu parametru noteikšana, izmantojot impulsu radiolokācijas metodi:
3. Ledus biezuma noteikšanas eksperimenti un datu apstrāde.
4. UWB radaru sensoru funkcionālo daļu izstrāde:
 - Impulsa radara sensora eksperimentāla maketa izveide

Mazu, kustīgu objektu detektēšana, izmantojot Karhunen-Loeve transformāciju



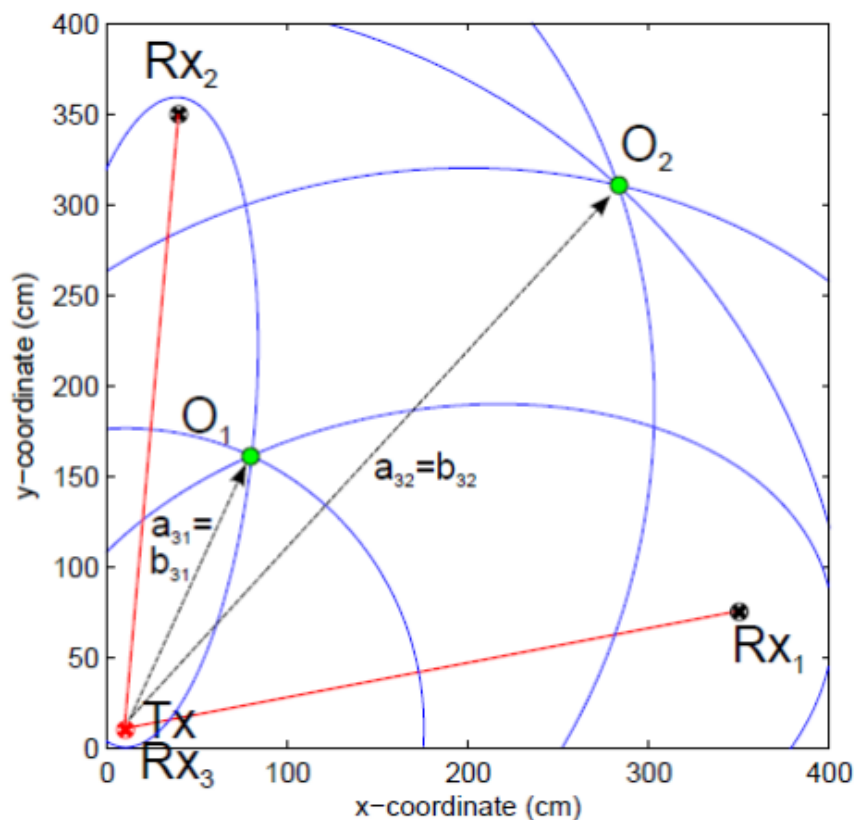
Cilvēks lēni
šķērsoja
sensora
darbības
zonu

Cilvēks ātri
šķērsoja
sensora
darbības
zonu

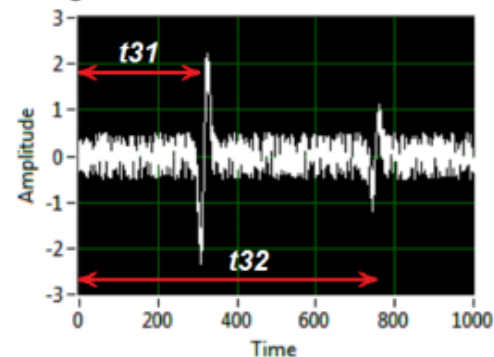
Cilvēks divas
reizes ātri
šķērsoja
sensora
darbības
zonu

Mazs (8x8 cm)
rotaļlietu
lidaparāts
(kvadrakopteris)
šķērsoja sensora
darbības zonu

Simulācijas modelis objektu lokalizācijai no UWB signāliem



Tx – raidītājs
 Rx₁ – pirmais uztvērējs
 Rx₂ – otrais uztvērējs
 Rx₃ – trešais uztvērējs
 O₁ – pirmais objekts
 O₂ – otrais objekts
 Rx₃ uztvertais signāls:

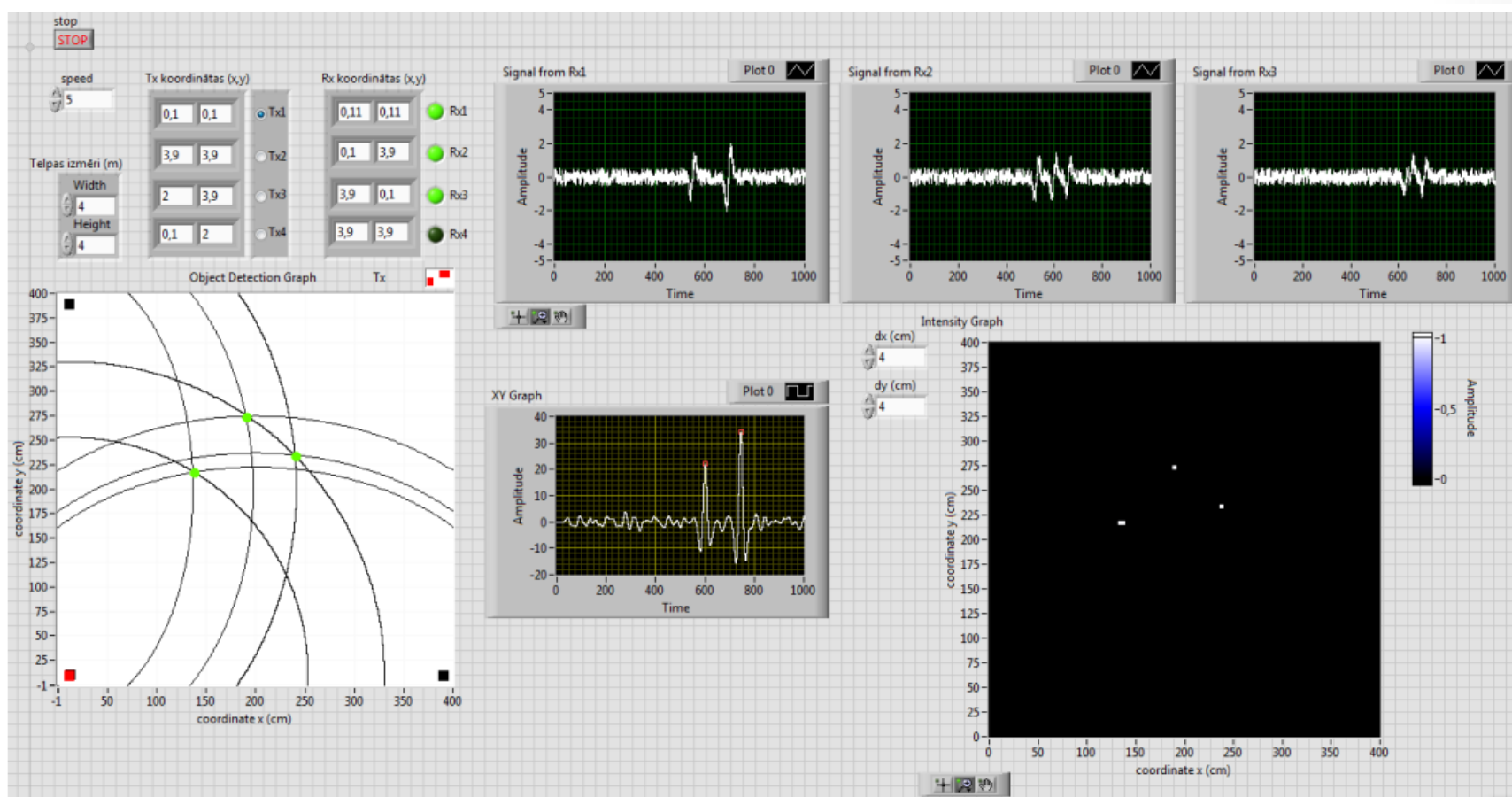


Impulsu pienākšanas laiki:

$$t_{31} = 2a_{31} / c = L_{31} / c$$

$$t_{32} = 2a_{32} / c = L_{32} / c$$

Simulācijas modeļa grafiskā lietotāja saskarne (GUI)



Tālizpētes datu ieguve un apstrāde, izmantojot bezpilota lidaparātu – oktokopteri (studenta bakalaura darbs)



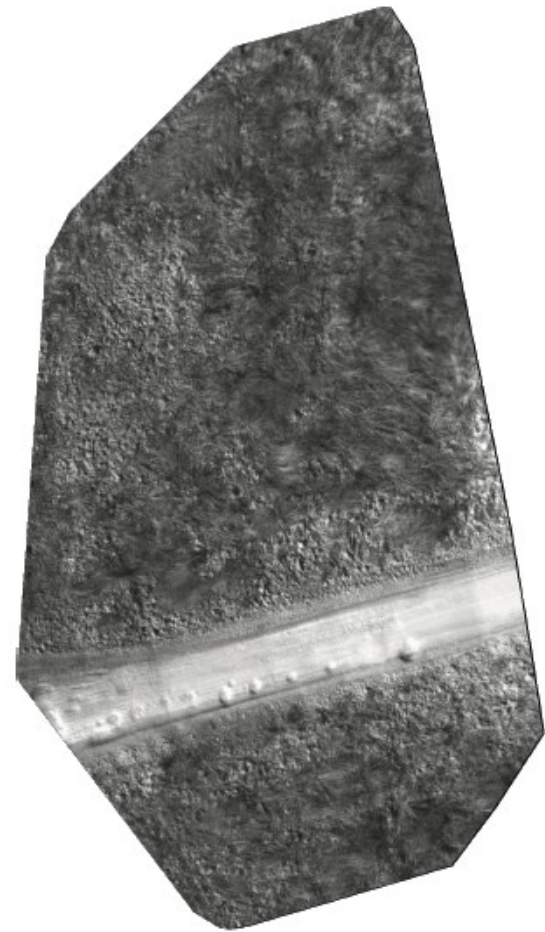
Termālais attēls: cilvēki uz jumta



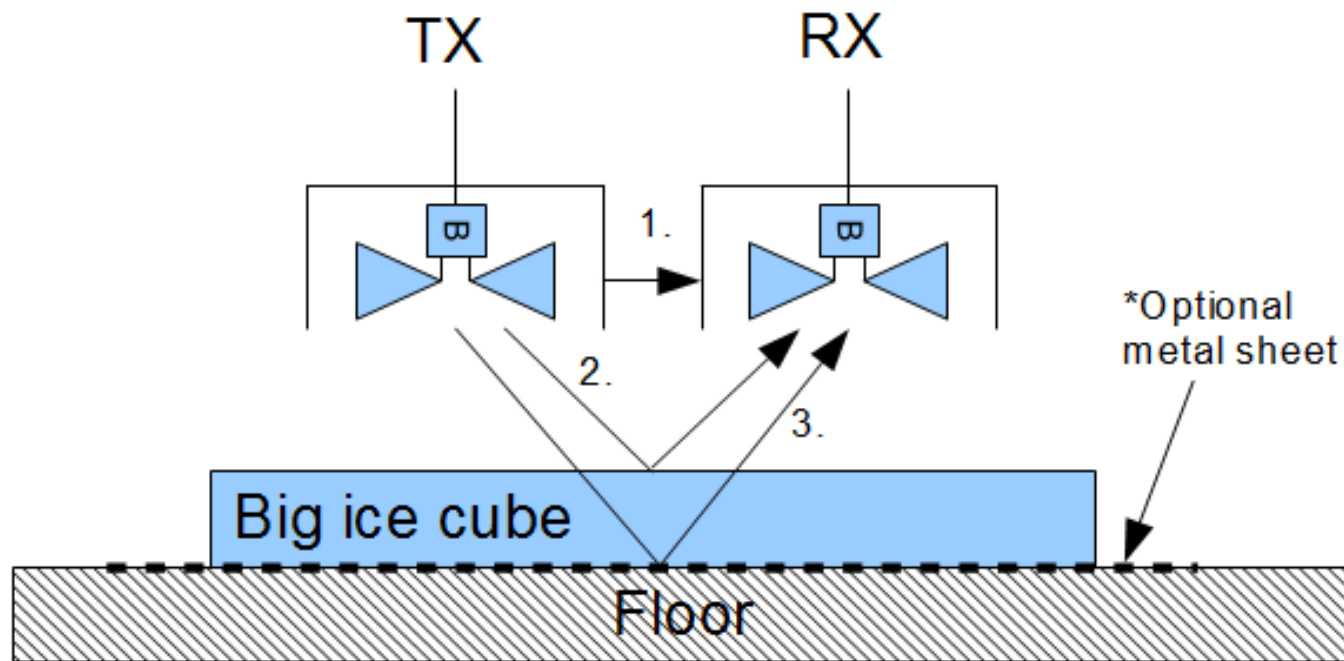
Multi-spektrālo attēlu sapludināšana (Pix4D Mapper)



Number of overlapping images: 1 2 3 4 5+



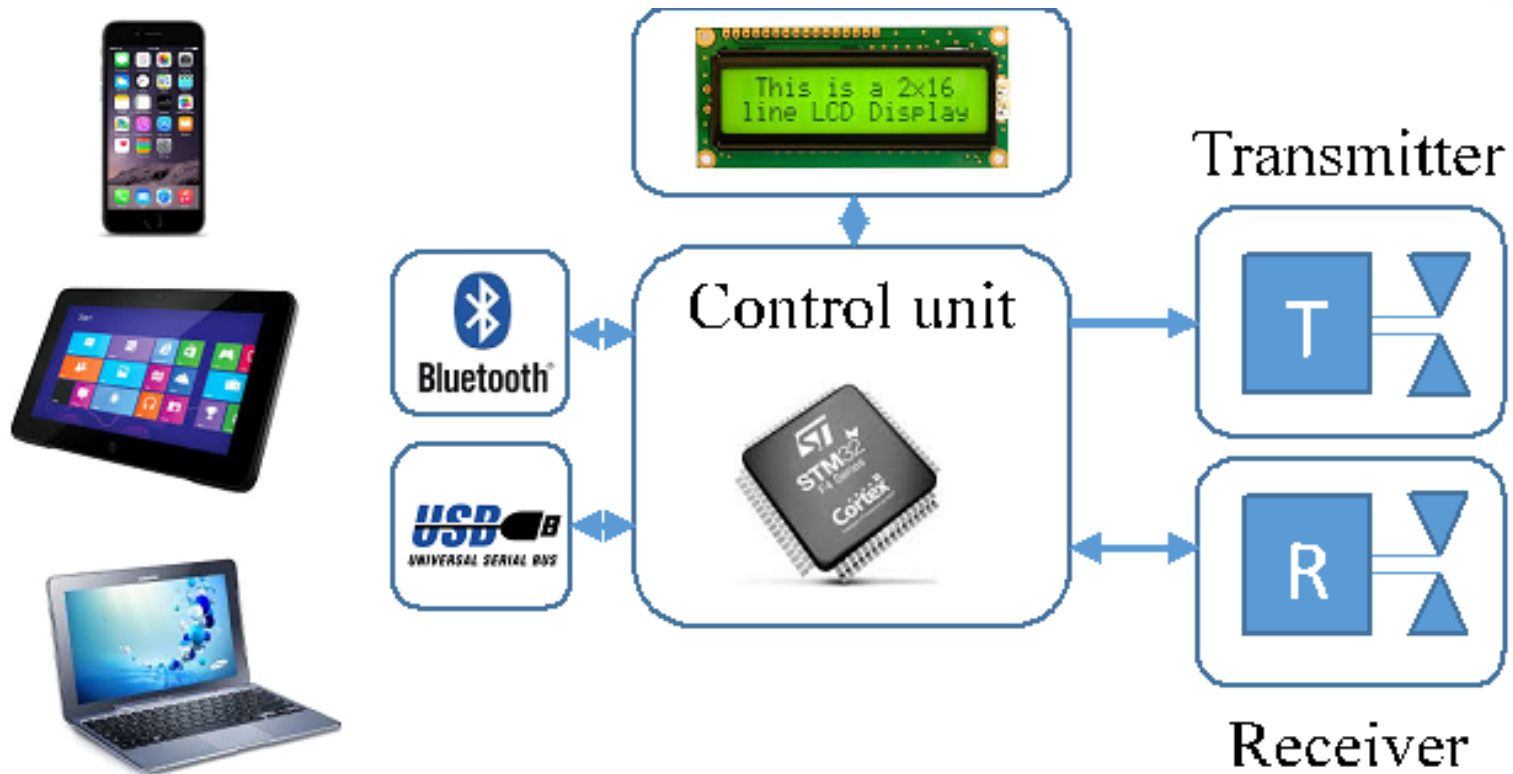
Ledus biezuma noteikšanas eksperimenti un datu apstrāde (studenta bakalaura darbs)



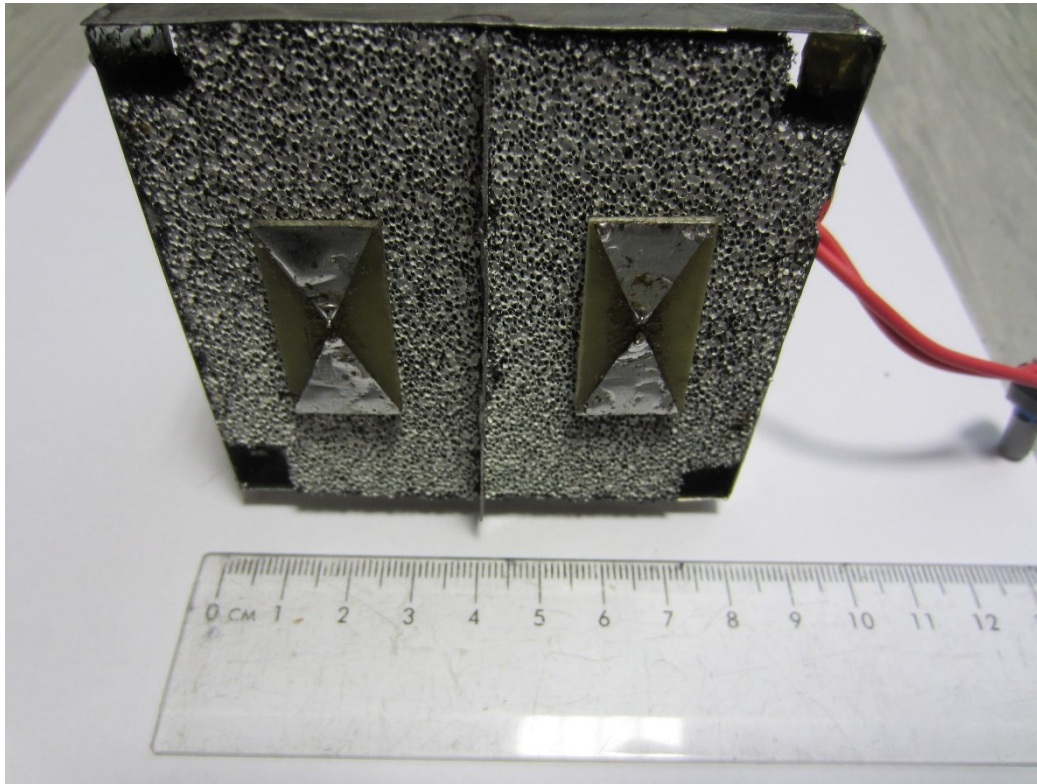
Ledus biezuma mērījumu rezultāti

Ledus gabala biezums	Laiks starp impulsiem [ns]	Aprēķinātā ledus dielektriskā Konstante	Aprēķinātais biezums (eps==3.1)	Kļūda, %
5 cm	0.598	3.2184	5.095 cm	1.9
11 cm	1.286	3.0752	10.956 cm	0.4
17 cm	1.992	3.0893	16.971 cm	0.2

Impulsa radara sensora blokshēma



Impulsa radara sensora eksperimentāla makets



Paldies par uzmanību!