



Eiropas Reģionālās attīstības fonds

Prioritāte: 2.1. Zinātne un inovācijas

Pasākums: 2.1.1.1. Zinātne, pētniecība un attīstība

Aktivitāte: 2.1.1.1. Atbalsts zinātnei un pētniecībai

Projekta nosaukums: „Plaukstas datu nolasīšanas un apstrādes sistēma” (PALMs)

Līguma noslēgšanas datums: 13.12.2013.g.

Projekta sākuma datums: 01.01.2014.g.

Projekta beigu datums: 30.06.2015.g.

Vienošanās Nr.2013/0035/2DP/2.1.1.1.0/13/APIA/VIAA/015

Eiropas Reģionālās attīstības fonda finansējuma saņēmējs: Elektronikas un datorzinātņu
institūts (EDI)

ZINĀTNISKĀ PĒTĪJUMA PROGRESU APLIECINOŠĀ DOKUMENTĀCIJA

Pārskata numurs Nr.2. par periodu no 01.04.2014.g. līdz 30.06.2014.g.

Projekta zinātniskais vadīt Modris Greitāns, Dr.sc.comp., vad. pētnieks

Pētījuma projekta izpildītāju saraksts: Rihards Fuksis, pētnieks

Mihails Pudžs, pētnieks

Oļegs Ņikišins, pētnieks

Rinalds Ruskuls, asistents

Teodors Eglītis, elektronikas inženieris

ELEKTRONIKAS UN DATORZINĀTŅU INSTITŪTS

Rīga, Latvija
2014. gads

Anotācija

PALMs ir Eiropas Reģionālās attīstības fonda līdzfinansēts projekts zinātnei un pētniecībai. Projekta vispārīgais mērķis ir inovatīva un konkurētspējīga produkta izveide. Projekta ietvaros plānots izstrādāt plaukstas datu nolasīšanas un apstrādes sistēmu, kas balstīta uz biometrisku parametru (plaukstas asinsvadu, nospiedumu un ģeometrijas datu) izmantošanu. Projekts tiek veikts prioritārā zinātnes virzienā „Inovatīvi materiāli un tehnoloģijas”.

Projekta aktivitātes ietver:

- rūpnieciskos pētījumus, kas ietver izpēti darbu, lai iegūtu zināšanas un prasmes izstrādājamās iekārtas radīšanai, kā arī atsevišķu komponentu daļu izstrādei un uzlabošanai;
- plaukstas datu nolasīšanas un apstrādes sistēmas prototipa eksperimentālo izstrādi;
- projekta vadību un publicitāti par projektu.

Projekts tiek īstenots sadarbībā starp Elektronikas un datorzinātņu institūtu un SIA „Infoserv-Rīga”. Izpildes ilgums – 18 mēneši.

Šajā dokumentā dots pārskats par projekta pirmajā periodā (01.01.2014.-31.03.2014.) veiktajiem pētniecības darbiem un šobrīd sasniegtiem rezultātiem.

Ievads

Privāto objektu piekļuve šobrīd galvenokārt tiek kontrolēta izmantojot mehāniskās durvju slēdzenes, kuras iespējams atslēgt izmantojot atbilstošu atslēgu, vai elektromehāniskās slēdzenes, kuras galvenokārt atslēdz, izmantojot radio frekvenču identifikācijas (RFID) kartes, vai arī kodu slēdzenes. Taču šīm drošības metodēm ir vairāki trūkumi: atslēgas un RFID kartes mēdz nozaudēt vai nozagt; atslēgas mēdz viltot un slēdzenes uzlauzt; RFID karti var nodot kādai citai personai; koda slēdzenes var kādam pateikt, vai ievadīšanas brīdī nolasīt.

Lai risinātu šīs problēmas un samazinātu to rezultātā radušos zaudējumus, projekta ietvaros plānots izstrādāt personu atpazīšanas iekārtu, kas balstīta uz plaukstas datu izmantošanu. Ierīce balstīsies uz plaukstas asinsvadu, plaukstas nospiedumu un ģeometrijas datu nolasīšanu un atpazīšanu. Šāda nolasītāja priekšrocība ir tā, ka lietotājam personīgi ir jābūt klāt identifikācijas brīdī, lai piekļūtu objektam. Šādā gadījumā cilvēka plauksta ir objekta piekļuves atslēga. Tiek izslēgti tādi riski kā atslēgas nozaudēšana vai aizmiršana.

PALMs pētniecības grupas darbs ir saistīts ar augšminēto problēmu risinājumu. Šajā projekta pārskata posmā ir veikti darbi un sasniegti rezultāti sekojošos aktivitātes „Rūpnieciskie pētījumi” pētījumos:

- Plaukstas datu apstrādes algoritmu izpēte;
- Plaukstas datu iegūšanas un apstrādes algoritmu paralelizācija un implementēšana iegultās sistēmās;
- Plaukstas datu šifrēšanas paņēmieni izpēte;
- Plaukstas datu nolasītāja datu drošības risinājumu, datu arhitektūras un nepieciešamā līmeņa izpēte.

Rezultātu kopsavilkums

Projekta otrajā periodā (01.04.2014.-30.06.2014.) veikto pētniecības uzdevumu un rezultātu kopsavilkums ir sekojošs:

Plaukstu datu apstrādes algoritmu izpēte:

1. Apskatīta iespēja iegūt informāciju gan par plaukstu vēnām, gan par rievām (atsevišķi) no viena pelēktoņu attēla ar attēlapstrādes metodēm – aprakstīts turpmāk kā „divu konstanšu minimizācijas paņēmieni” (DKMP).

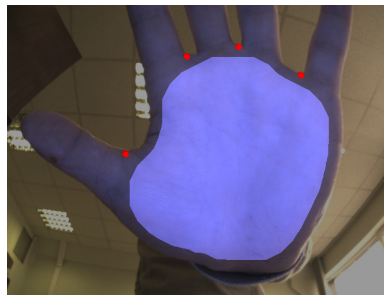
2. Apskatīta iespēja iegūt informāciju gan par plaukstu atrašanās vietu attēlā, gan par tās bimodālajām biometriskajām pazīmēm – plaukstu rievām un vēnām, izmantojot vienu krāsainu attēlu un papildus apgaismojumu, izmantojot zilās krāsas un tuvā infrasarkanā spektra gaismas diodes.

3. Pētīti plaukstu ROI lokalizēšanas algoritmi. Pārveidots iepriekš izveidotais algoritms, kad tika izmantoti divu secīgi uzņemtu attēlu starpības attēls, aizstājot to ar algoritmu, kas aptuveno plaukstu reģionu meklē pēc krāsas (zinot, ka plauksta apgaismota ar zilām un tuvā infrasarkanā spektra diodēm). Tad tiek detektētas pirkstu starpas, bet pēc tām noteikts, vai attēlā atrodas plauksta, vai nē, un izmantojot informāciju par pirkstu starpām un pielietojot morfoloģiskās operācijas, atrasts ROI. 1.attēlā redzams plaukstu attēls, bet 2.attēlā - plauksta ar detektētām pirkstu starpām un izdalītu ROI.

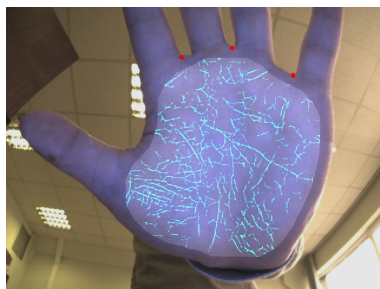
4. Izveidoti tādi attēlapstrādes algoritmi, ar kuriem no viena attēla iespējams iegūt informāciju par plaukstu rievām un vēnām. Tas panākts, izveidojot attēlu filtrus. Gan rievu, gan vēnu filtrs sastāv no divām filtra kaskādēm – filtra, kas izdala pazīmes, un tāda, kas attīra iegūto rezultātu. Iegūtā rievu biometriskā informācija 1.attēlā redzamajai plaukstai apskatāma 3.attēlā, bet plaukstu vēnu biometriskā informācija – 4.attēlā.



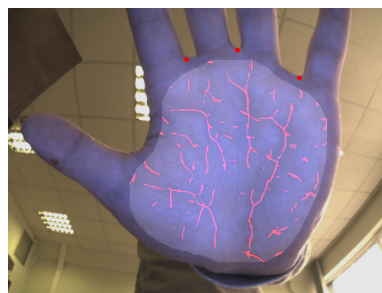
1. att. Plaukstu attēls



2. att. Plaukstu attēls, kurā detektēti ROI un pirkstu starpas



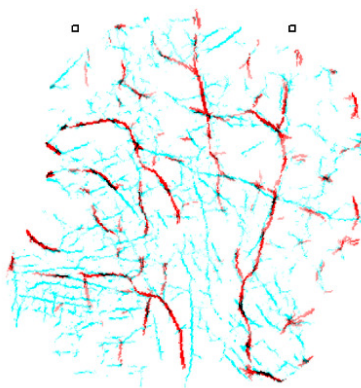
3. att. Izdalīti plaukstu rievējumi



4. att. Izdalīti plaukstu asinsvadi

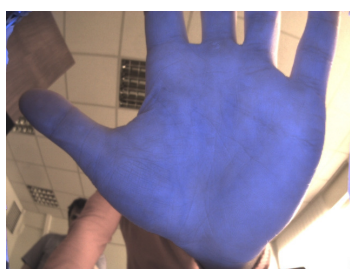
5. Lai iegūtos biometriskos rezultātus būtu iespējams salīdzināt savā starpā, izpētīta iespēja iegūtos datus rotēt un mērot – 5.attēls.

6. Iespējāmība atdalīt biometriskās pazīmes – plaukstu rievās un vēnās noteikta, izmantojot datubāzi. Izveidota datubāze ar 15 personu (vecumā no 22 līdz 68 gadiem) plaukstu attēliem, katrai personai uzņemot 30 plaukstu attēlus (tālāk tekstā saukti par datubāzes attēliem) – datubāzes attēlu piemērs redzams attēlā. Tā kā ar veidojamajiem algoritmiem ir panākta rievu un asinsvadu biometriskās informācijas atdalīšana, tad vērtīgi uzzināt šādas atdalīšanas rezultātus - cik daudz procentuāli, filtrs spēj atdalīt rievu un asinsvadus, salīdzinājumā ar tādiem attēliem, kuros redzama tikai viena no pazīmēm. Kā attēli, kuros redzama tikai viena no pazīmēm, var tikt uzskatāmi kā attēli, kas uzņemti, izmantojot tikai vienu spektru (zilās gaismas vai tuvā infrasarkanā spektra) apgaismojumu un optiskos filtrus - rievu attēli uzņemti ar infrasarkanās gaismas nogriešanas (cut-off) filtru, bet asinsvadu attēli - ar infrasarkanās gaismas joslas filtru. Šādi attēli ņemti kā etalons - “ground truth” un tika uzņemti katrai

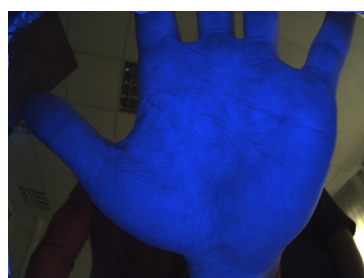


5. att.: Rotēti un mērogoti izdalītie biometriskie dati

personai, papildus 30 datubāzes attēliem. 6.attēlā etalona attēli redzami attiecīgi 7. un 8.attēlā.



6. att. Datubāzes attēla paraugs



7. att. "Ground truth" rievu attēls



8. att. "Ground truth" asinsvadu attēls

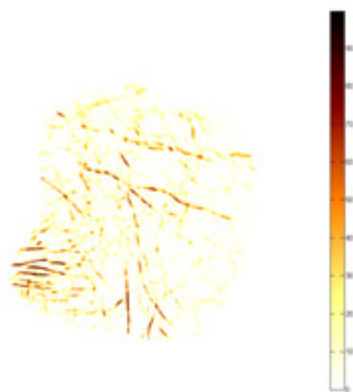
Attēlos tika atrasts ROI, atsevišķi izdalīta rievu un asinsvadu informācija, un veikta datu rotēšana un mērogošana. Informācija par biometriskajiem datiem tika normēta tā, lai tā būtu vērtību diapazonā [0 1]. Tā kā lielāka vērtība filtra izejā nozīmē izteiktākas rievu/asinsvadus oriģinālajā attēlā, tad informācija par amplitūdu jā saglabā, veidojot statistiku par visām 30 vienas personas datubāzes attēliem. Tika izvēlēts veidot MWH - Magnitude-Weighted Histogram. Iesākumā visi personas datubāzes attēli tika pozicionēti tā, lai reizinājuma gadījumā veidotu maksimālo vērtību, attēlus bīdot (netika kompensētas ne rotācijas, ne

mēroga izmaiņas), tad attēli izpludināti ar Gausa filtru, kura maska $M = e^{-\frac{x^2 + y^2}{\sigma^2}}$, kur $\sigma = 0.5$, lai daļēji kompensētu rastra attēlu lokālās nobīdes, pēc tam attēli ierobežotu vērtību apgabālā [0 ... 1] un summēti. 9. un 10.attēlā var redzēt attiecīgi vienas personas rievu un vēnu MWH, izteiktu procentos - vērtība raksturo, cik procentos un ar cik lielu amplitūdu no 30 šīs personas datubāzes attēliem konkrētajā pikselī atradās biometriskā pazīme.

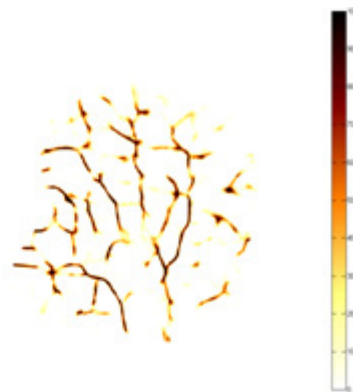
"Ground truth" informācija tika iegūta, manuāli 7. un 8.attēlā iezīmējot pirkstu starpas un plaukstas kontūru, tad apstrādājot ar konkrētās pazīmes filtru, un tā rezultātu binarizējot – 11. un 12.attēls. Šādi noteikts, kur attēlā drīkst atrasties konkrētā biometriskā pazīme. Ar manuālu korekciju "ground truth" attēls uzklāts uz MWH attēla tā, lai "ground truth" attēla aizpildītās vietas maksimāli pārklātu MWH spēcīgāk redzamās biometriskās pazīmes - 13 un 14.attēls. Te var redzēt, ka MWH un "ground truth" masku nevar ideāli novietot vienu uz otras, jo nav kompensēta attēlu savstarpējā rotācija, kā arī pamanāmas plaukstas deformācijas (izteiktāko pazīmju nesakrītība īkšķa rajonā). No šiem datiem aprēķināti rezultāti - MWH vērtības, kas atrodas zem "ground truth" maskas uzskatītas par pareizi atrastām biometriskajām pazīmēm. Jāpiezīmē ka, lai kompensētu rastra attēla pikseļu nobīdes, pirms MWH vērtību skaitīšanas binārās maskas tika apstrādātas ar filtru, kas veic morfoloģisko papildināšanas operāciju. Kā strukturējošais elements tika izvēlēts 3x3 pikseļu liels kvadrāts. Vēnu "ground truth" binārajai maskai šī operācija iteratīvi tika izpildīta 3 reizes, rievu - vienu reizi.

Ja vērtība atrodas zem pretējās pazīmes maskas, tiek uzskatīts, ka pazīme detektēta kā ne-pareizā - rievu kā vēna vai vēna kā rievu (šāds modelis nepieļauj, piemēram, situāciju, ka zem plaukstas rievu var būt vēna). Šādi aprēķināti rezultāti, izteikti procentos redzami 15.attēlā.

Vidēji attēlos pareizi atrastas vēnas tiek 69.1 % gadījumu, rievu — 75.9 %. Rievu 17.5 % gadījumu tiek atrastas kā vēnas, bet vēnas kā rievu — 6.42 %.



9. att. Rievu MVH



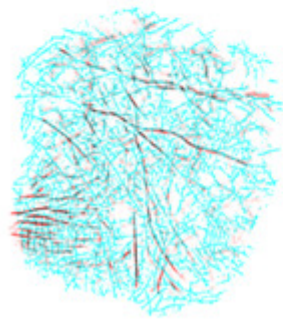
10. att. Vēnu MVH



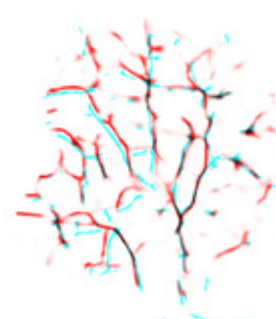
11. att. Izdalītā "ground truth" rievu informācija



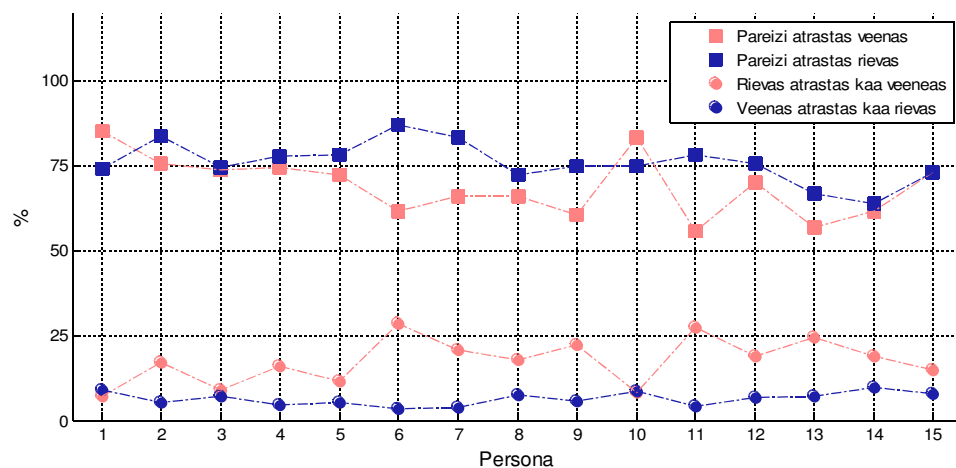
12. att. Izdalītā "ground truth" vēnu informācija



13. att. Rievu MVH un "ground truth" attēlu salikums rezultātu aprēķināšanai



14. att. Asinsvadu MVH un "ground truth" attēlu salikums rezultātu aprēķināšanai



9.att. Rezultāti, cik labi izveidotie biometrisko pazīmju filtri var izšķirt plaukstas rievas un vēna

Teorētiskais izvedums

Bimodāls filtrs – filtrs, kas vienā datu avotā (piem. viens attēls) izdala dažādas (bimodālas) pazīmes. Tās šajā gadījumā ir rievu un vēnu zīmējumi.

Lai novērtētu šāda filtra precizitāti (spēju atdalīt modalitātes savā starpā) izmanto *ground truth* (GT) attēlus un svērtās histogrammas. GT attēli norāda katrā pikselī vai filtram tajā ir jānodetektē pazīme, vai nav. Bimodālam filtram katram datubāzes ierakstam (personai) būs 2 binārie GT attēli – viens norādīs vietas, kur filtram ir jāatrod vēnas $GT_v(x, y)$ (pikseļu vērtības: 1 – ir vēna, 0 – nav vēnas), otrs – kur filtram ir jāatrod rievās $GT_r(x, y)$. Izejot no šiem attēliem var aprēķināt inversos attēlus, kas norāda, kuros pikseļos pazīmju detektēšanai nedrīkst norisināties:

- Vēnām: $FA_v(x, y) = 1 - GT_v(x, y)$,
- Rievām: $FA_r(x, y) = 1 - GT_r(x, y)$.

Var aprēķināt kuros pikseļos pazīmes izdalīšana nozīmē citas modalitātes pazīmes izdalīšanu:

- Vēnu filtrs detektē rievu: $FA_{v \rightarrow r}(x, y) = FA_v(x, y) \cdot GT_r(x, y)$,
- Rievu filtrs detektē vēnu: $FA_{r \rightarrow v}(x, y) = FA_r(x, y) \cdot GT_v(x, y)$.

Svērtās histogrammas ļauj saskaitīt cik bieži filtrs bija detektējis pazīmi norādītajās vietās. Vairākiem apstrādātiem attēliem visi filtra reakcijas attēli $R_i(x, y)$ tiek summēti kopā, lai iegūtu summāro histogrammas attēlu $R(x, y)$:

$$R(x, y) = \sum_i R_i(x, y)$$

Šis attēls tiek saukts par „svērto histogrammu” (magnitude-weighted histogram, MWH), tāpēc, ka tas reprezentē cik bieži katrā attēla koordinātē (x, y) filtrs detektē pazīmi, taču šajā novērtējumā ietilpst arī nodetektētas pazīmes intensitātes vērtība $R_i(x, y)$, kas var būt mainīgs lielums. Stiprākās pazīmes ienes lielāko ieguldījumu histogrammā un tās vairāk tiks ņemtas vērā nekā vājākās. Tas ir ērti un atbilst attēlu salīdzināšanas principiem, jo pēdējie arī balstās uz izdalītas pazīmes intensitātes ievērošanu. Jāsaprot, ka svērtās histogrammas būs iegūtas vēnām un rievām atsevišķi - kopā divi attēli katram datubāzes ierakstam (personai).

Pilno svērtās histogrammas tilpumu aprēķina sekojoši:

$$S_v = \iint_{img} R_v(x, y) ds \quad \text{un} \quad S_r = \iint_{img} R_r(x, y) ds$$

Histogrammas tilpumu interesējošā reģionā (piemēram, detektējot nepareizas modalitātes detaļu) aprēķina sekojoši:

$$S_{v \rightarrow r} = \iint_{img} R_v(x, y) \cdot FA_{v \rightarrow r}(x, y) \cdot ds \quad \text{un} \quad S_{r \rightarrow v} = \iint_{img} R_r(x, y) \cdot FA_{r \rightarrow v}(x, y) \cdot ds$$

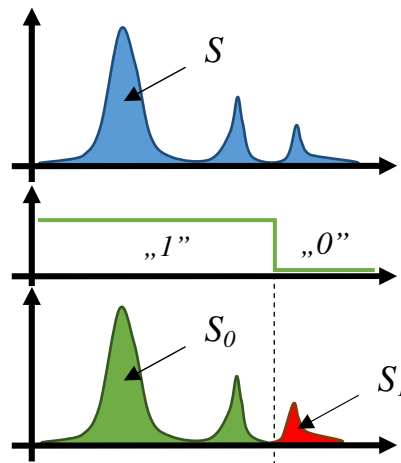
Tad procentuāli filtra kļūdu var izteikt sekojoši:

$$r_{v \rightarrow r} = \frac{S_{v \rightarrow r}}{S_v} \cdot 100\% \quad \text{un} \quad r_{r \rightarrow v} = \frac{S_{r \rightarrow v}}{S_r} \cdot 100\%$$

Līdzīgi rēķina kļūdas filtram detektējot nepareizo detaļu (ar $FA_v(x, y)$ un $FA_r(x, y)$ zemintegrāļa izteiksmēs), kā arī pretējās vērtības – filtram detektējot pareizo detaļu (ar $GT_v(x, y)$ un $GT_r(x, y)$ zemintegrāļa izteiksmēs).

Paskaidrojums

Minēta metodika strādā histogrammas tilpumu saskaitīšanas īpašību dēļ. Apskatīsim vienkāršāku piemēru ar 1D svērto histogrammu, kuras laukumu S un bināro attēlu, kas norāda, kur detektēšanai bija jānotiek, un kur nē:



16. att. MWH-balstīto kļūdas aprēķinu ilustrācija

Var redzēt, ka maskētie laukumi interesējošos reģionos – S_1 un S_0 ir garantēti intervālā $0 \dots S$, kas ļauj, normējot tos pret S , iegūt vērtību procentos.

Divu konstanšu minimizācijas paņēmieni (DKMP)

Dažreiz šo, vai līdzīgu paņēmieni, var izmantot, lai bimodālā attēlā atdalītu dažādas modalitātes pazīmes. Paņēmieni balstās uz *SPARSE modelling* signāl-apstrādes *Orthogonal Matching Pursuit* pieejas idejām, bet aprēķiniem izmanto L_2 normu. Šeit būs izskaidrota aprēķinu gaita un parādīti daži rezultāti.

Lai apskatāmais attēls ir $f_{in}(x, y)$, un filtra maskas ir:

- vēnu filtra maska – $M_v(x, y)$,
- rievu filtra maska – $M_r(x, y)$.

Svarīgi ir izvēlēties filtru piemērošanas secību - lai šajā gadījumā tā būtu M_v , un pēc tam M_r - eksperimentos noskaidrots, ka šāda secība ir precīzākā par pretējo. Katrām apskatītām koordinātām (x_0, y_0) ieejas attēlā $f_{in}(x, y)$ analizē sekojošas funkcijas:

- $f(x, y) \equiv f_{in}(x - x_0, y - y_0)$, kas būtībā ir attēla f_{in} izgrieztais reģions (x_0, y_0) apkārtnē,
- $M(x, y) \equiv M_v(x, y)$, kas būtībā ir filtra maskas (nosaukta citādāk ērtībai turpmāk formulās),
- $k_1 \equiv k_1(x_0, y_0)$ un $k_0 \equiv k_0(x_0, y_0)$ – divi nezināmie koeficienti, kas tiks rēķināti; katrai apkārtnē (dažādām (x_0, y_0) vērtībām) to vērtības būs dažādas, tāpēc jāatceras, ka abi koeficienti ir funkcijas no (x_0, y_0) koordinātām.

Teorētiskais izvedums

Metodes pamats ir attēla $f(x, y)$ un maskas $M(x, y)$ maksimālās līdzības meklēšana, izmantojot kļūdas L_2 normas minimizāciju – tehniski runājot ir jāatrod tādas k_0 un k_1 , kas ļauj izvietot masku $k_1 \cdot M(x, y) + k_0$ pēc iespējas tuvāk attēlam $f(x, y)$:

$$I(k_0, k_1) = \iint_{in} (k_1 \cdot M(x, y) + k_0 - f(x, y))^2 ds \rightarrow \min$$

Lai atrisinātu šo uzdevumu, vispirms atver iekavas:

```
>> syms k0 k1 M f
>> simple((k1*M+k0-f)^2)
expand:
M^2*k1^2 - 2*M*f*k1 + 2*M*k0*k1 + f^2 - 2*f*k0 + k0^2
```

Kas nozīmē:

$$I(k_0, k_1) = \iint_{in} [k_1^2 \cdot M^2(x, y) + k_0^2 - 2 \cdot f(x, y) \cdot M(x, y) \cdot k_1 - 2 \cdot f(x, y) \cdot k_0 + 2 \cdot M(x, y) \cdot k_0 \cdot k_1 + f^2(x, y)] ds \rightarrow \min$$

Zem-integrāļa izteiksme apraksta 2.kārtas virsmu (atkarība no k_0 un k_1) ar pozitīviem koeficientiem, kas nozīmē, ka minimumu var aprēķināt pēc 1. atvasinājumiem:

$$\begin{cases} \frac{\partial I(k_0, k_1)}{\partial k_1} = \iint_{in} [2 \cdot k_1 \cdot M^2(x, y) + 2 \cdot M(x, y) \cdot k_0 - 2 \cdot f(x, y) \cdot M(x, y)] ds = 0 \\ \frac{\partial I(k_0, k_1)}{\partial k_0} = \iint_{in} [2 \cdot k_0 + 2 \cdot M(x, y) \cdot k_1 - 2 \cdot f(x, y)] ds = 0 \end{cases}$$

legūtais rezultāts ir lineāra vienādojumu sistēma pret meklējamiem koeficientiem k_0 un k_1 :

$$\begin{cases} k_1 \iint_{in} M^2(x, y) ds + k_0 \iint_{in} M(x, y) ds = \iint_{in} f(x, y) \cdot M(x, y) ds \\ k_1 \iint_{in} M(x, y) ds + k_0 \iint_{in} ds = \iint_{in} f(x, y) ds \end{cases}$$

kurus tagad var aprēķināt pēc Kramera metodes sekojoši:

$$k_1 = \frac{\left(\iint_{in} f(x, y) \cdot M(x, y) ds \right) \cdot \left(\iint_{in} ds \right) - \left(\iint_{in} M(x, y) ds \right) \cdot \left(\iint_{in} f(x, y) ds \right)}{\left(\iint_{in} M^2(x, y) ds \right) \cdot \left(\iint_{in} ds \right) - \left(\iint_{in} M(x, y) ds \right) \cdot \left(\iint_{in} M(x, y) ds \right)}$$

$$k_0 = \frac{\left(\iint_{in} M^2(x, y) ds \right) \cdot \left(\iint_{in} f(x, y) ds \right) - \left(\iint_{in} f(x, y) \cdot M(x, y) ds \right) \cdot \left(\iint_{in} M(x, y) ds \right)}{\left(\iint_{in} M^2(x, y) ds \right) \cdot \left(\iint_{in} ds \right) - \left(\iint_{in} M(x, y) ds \right) \cdot \left(\iint_{in} M(x, y) ds \right)}$$

Koeficients k_0 reprezentē maskas $M(x, y)$ līdzkomponenti, bet koeficients k_1 – pastiprināšanas koeficientu. Pieņemtie apsvērumi normēta līdzības koeficienta noteikšanai:

1. Lielāka iespējama attēla kļūda (neievērojot līdzkomponenti) ir:

$$E_{max} = \iint_{in} [f(x, y) - k_0]^2 ds$$

Šeit ir izmantota L_2 norma, bet jebkura cita norma sākot ar 1 derēs arī.

2. Filtra minimizētās maskas un attēla kļūda ir:

$$E_{min} \equiv I(k_0, k_1) = \iint_{in} (k_1 \cdot M(x, y) + k_0 - f(x, y))^2 ds$$

Šis lielums ir minimizēts un tāpēc ir garantēts, ka tas nekad nebūs lielāks par E_{max} :

$$E_{min} \in [0, E_{max}]$$

Kreisā intervāla robeža sasniegta tad, kad filtra maska un attēls perfekti sakrīt, labā – kad attēlā nav nekādas līdzības ar filtra masku un izdevīgākais minimizācijas rezultāts ir $k_1 = 0$ (līdzkomponente). Tad lielums:

$$R \equiv \frac{E_{max} - E_{min}}{E_{max}} \in [1, 0] = [100\%, 0\%]$$

Tāpat kā iepriekš, R sasniedz vērtību 1 perfektas attēla un filtra maskas sakritības gadījumā, un vērtību 0 kad attēlā nav nekādas līdzības ar filtra masku. Šī vērtība ir normēta un var kalpot kā filtra izejas reakcija.

No aprēķinātiem koeficientiem k_0 un k_1 ir iespējams aprēķināt vienu aproksimēta attēla pikseļa vērtību:

$$f^{approx}(x_0, y_0) = k_1(x_0, y_0) \cdot M(x, y) + k_0(x_0, y_0)$$

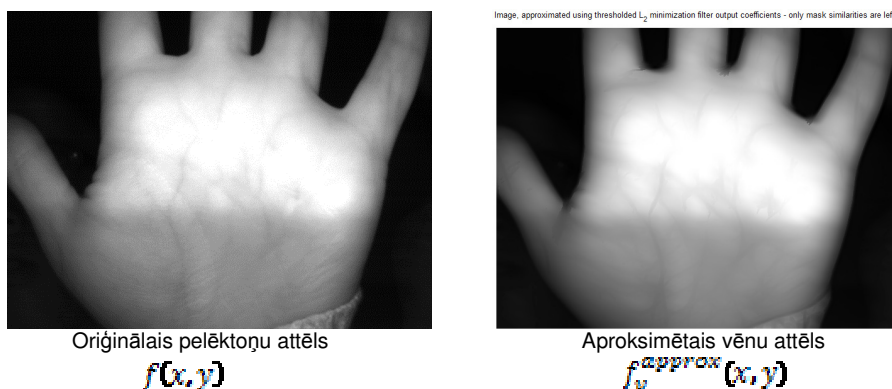
Aprēķinu gaita

1. Ieejas attēls tiek apstrādāts ar vēnu filtru $M_v(x, y)$ un iegūti:
 - a. filtra reakcijas $R(x, y)$ pie dažādām filtra maskas rotācijas leņķiem (summētas 2PHI telpā, bet ignorējot reakcijas ja $k_1(x, y) < 0$),
 - b. leņķim ar maksimālo reakciju $R(x_0, y_0)$ saglabāts aproksimēta attēla pikselis $f_v^{approx}(x_0, y_0)$ – no šiem pikseļiem sastādīts aproksimētais vēnu attēls $f_v^{approx}(x, y)$,
2. Aprēķināta attēlu starpība $f_r^{approx}(x, y) \approx f(x, y) - f_v^{approx}(x, y)$.

Pēdējais posms tika vienkāršots (būtībā šajā posmā vajadzētu attēlu starpībai $f(x, y) - f_v^{approx}(x, y)$ veikt to pašu aproksimāciju, ko veic 1., bet izmantojot rievu masku $M_r(x, y)$, taču rezultāts būtiski neatšķiras).

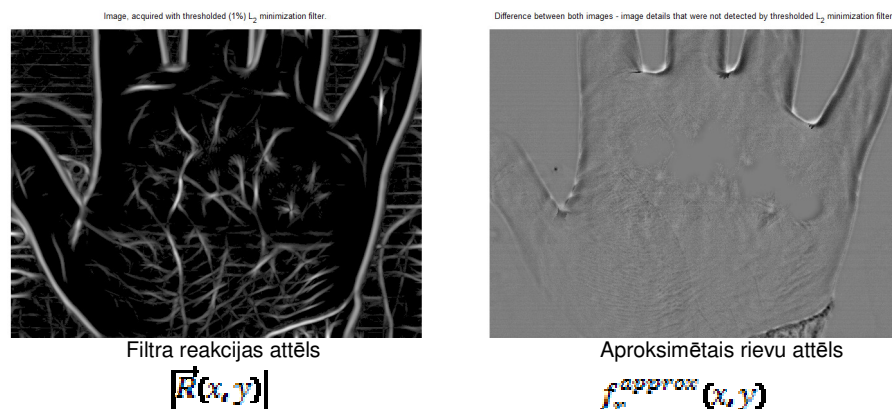
Rezultāti

Ar DKMP tika analizēts pelēktonu plaukstu attēls, kas satur informāciju gan par asinsvadiem, gan par rievām (attēls par kreisi). Vēnu filtra apstrādes (aproximācijas) rezultātā iegūst līdzīgu attēlu (attēls pa labi), kas satur vēnām līdzīgas detaļas (ir iespēja noņemt traucējošo līdzkomponenti, ignorējot koeficientu k_0):



17.att. Oriģinālais un aproksimētais attēls

Filtra reakcijas $|R(x,y)|$ (summētas 2PHI telpā) reprezentē vēnu informāciju (skat. attēlu pa kreisi), daļēji ignorējot rievu struktūru attēlā, kas, savukārt, ir saskatāma starpības attēlā $f_r^approx(x,y)$ (skat. attēlu pa labi):

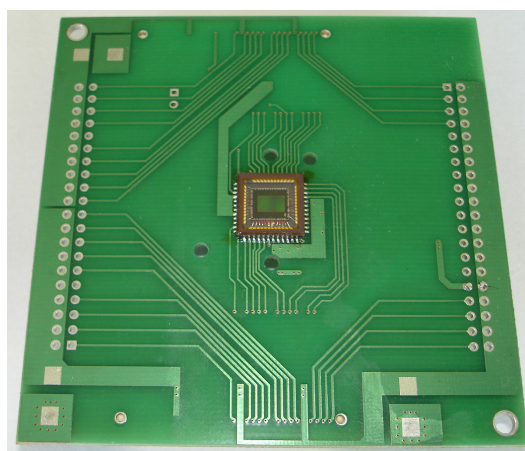


18. att. Filtra reakcijas un atlikuma attēli

Plaukstu datu iegūšanas un apstrādes algoritmu paralelizācija un implementēšana iegultās sistēmās:

Attēlieguves sensora plate.

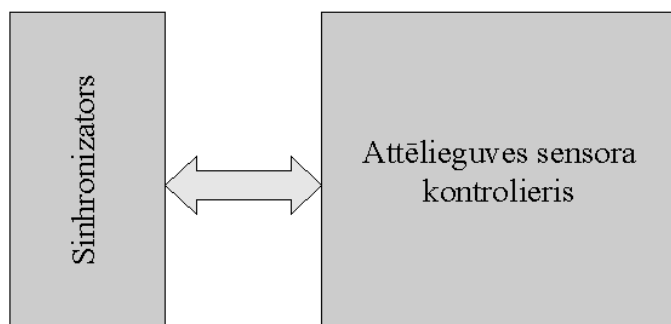
Attēlieguves plate fiziskajā līmenī nodrošina iespēju uzņemt bildi, šajā gadījumā mums interesē attēls, kas satur plaukstu.



19.att. Attēlieguves plates skats no augšas

Programmnodrošinājums izveidotajai attēlieguves platei.

Pārbaudot izveidoto plati (sprieguma līmeņu pārbaude), Tika uzsākta blokshēmas izveide un attiecīgo moduļu implementācija, izmantojot VHDL programmatūras valodu.



20.att. Iekārtas moduļu blokshēmas

Sinhronizators – modulis, kas nepieciešams, lai sasinchronizētu attēlieguves sensora darbības frekvenci ar pārējās sistēmas darbības frekvenci, tas ir, 25MHz un 100MHz. Sinhronizators palielina gan noturību, gan stabilitāti ilgstošas darbības gadījumā.

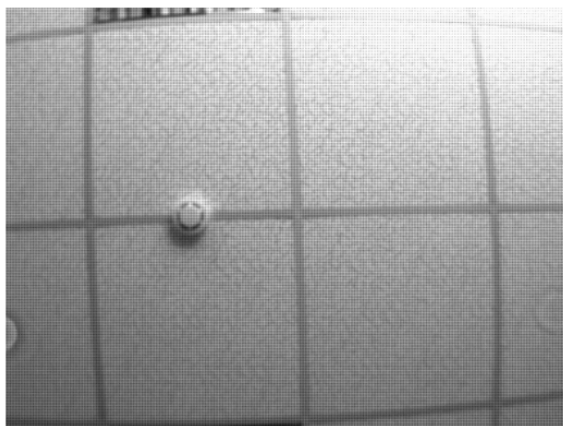
Attēlieguves sensora kontrolieris – modulis, kas pārveido saņemtos signālus no attēlieguves sensorā un, pārveido tos tādā formātā, lai būtu iespējams ierakstīt atmiņā un nolasīt no tās. Izveidotais kontrolieris ģenerē papildus izejas signālus, kā, piemēram, x un y koordinātas. Šāda veida signāli ir paredzēti turpmākajai sistēmas attīstībai.

Kā papildus modulis tika izveidots impulsa platuma kontrolieris (turpmāk tekstā – PWM), kas nepieciešams gaismas diožu spilgtuma kontrolei. Šāda gaismas spilgtuma kontrole (katram krāsas kanālam) nepieciešama kvalitatīvāku attēlu uzņemšanai. Izveidotajam PWM ir 4096 spilgtuma līmeņi, protams, šo vērtību var nomainīt. Izvadi, kas nepieciešami gaismas diožu kontrolei tika paredzēti attēlieguves sensora platei un ir izvietoti sānos, ērtākai lietošanai.

Izveidotie moduļi tika integrēti kopējā FPGA projektā.

Attēlu iegūšana

Pabeidzot iepriekšminēto moduļu izveidi, tie tika notestēti ar Altera ModelSim programmatūras. Turpmākie testi saistījās ar reālu bilžu iegūšanu. Veicot šos testus atklājās dažādas nianšes, kas laika gaitā tika novērstas. Lai būtu iespējams iegūt bildes datorā, tika papildināts iepriekš izveidotais programmas kods Matlab'ā.



21.att. Iegūtie attēli

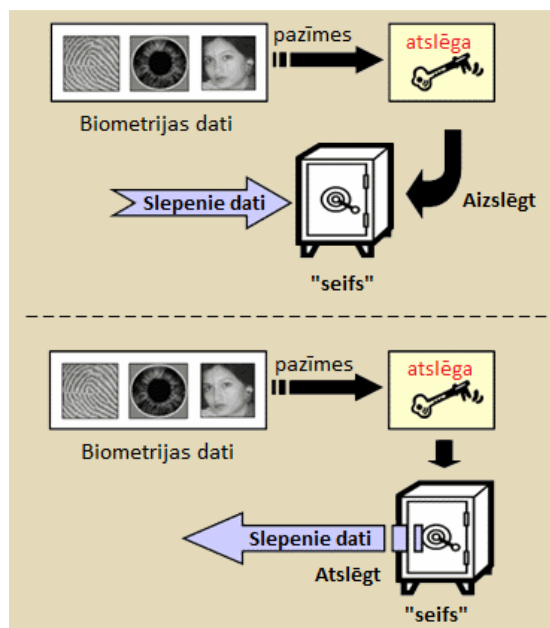
Plaukstas datu šifrēšanas paņēmieni izpēte:

Tika izpētīti vairāki biometrijas datu šifrēšanas paņēmieni, tai skaitā, *fuzzy vault scheme*. Algoritms balstās uz slepeni datu šifrēšanu, izmantojot biometrijas datus. Biometrijas dati ir kā atslēga ar kuru "seifā" tiek ieslēgti slepenie dati. Ja viens un tas pats cilvēks izmanto savus biometrijas datus, tad viņam tiek dota piekļuve slepenai informācijai. Taču, ja kāds cits mēģina piekļūt slepenai informācijai, viņa pieprasījums tiek noraidīts. Algoritma piemērs attēlots 22.att.

Saistībā ar šo algoritmu tika izpētīti vairāki raksti, ieskaitot:

- Juels, A., Sudan, M., "A fuzzy vault scheme," IEEE International Symposium on Information Theory, pp.408, 2002
- Bakhteri, R.; Khalil Hani, M., "Biometric encryption using fingerprint fuzzy vault for FPGA-based embedded systems," TENCON 2009, IEEE Region 10 Conference, pp.1,5, 23-26 Jan. 2009

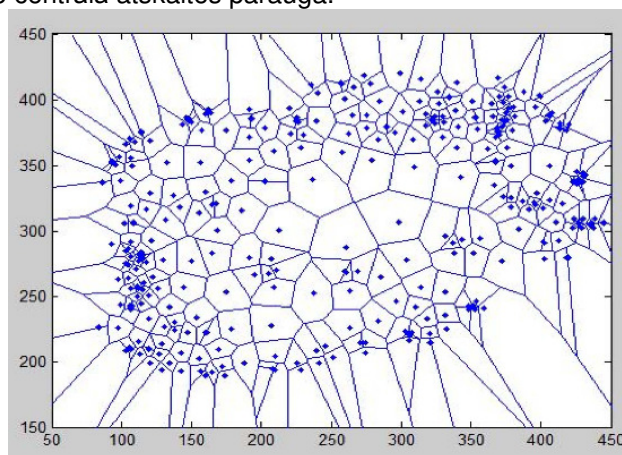
Kā arī tika izveidota datorprogramma MATLAB vidē ar kuras palīdzību iespējams veikt datu šifrēšanu, izmantojot cilvēka biometrijas datus. Veicot datorsimulācijas, tika secināts, ka biometrijas datu vektors, kas tiek iegūts apstrādājot plaukstas attēlus nav piemērots šim algoritmam. Nākotnē plānots veikt pētniecisko darbu pie biometrijas datu vektora formēšanas, kas būtu piemērots dažādu biometrisku datu šifrēšanas metožu pārbaudei, lai iegūtu skaitlisku novērtējumu par to, kura metode sniedz augstāku drošību, pēc iespējas mazāk samazinot kopējās sistēmas precizitāti.



22. att. Fuzzy vault scheme darbības princips.

Tāpat tika izpētīta biometrijas datu šifrēšanas metode izmantojot *Delaunay* indeksēšanu. Ja pieņemam, ka mums ir biometrijas datu kopa, kura tiek reprezentēta kā punkti 2D telpā, tad šo punktu mākonī iespējams aprakstīt ar *Delaunay* indeksēšanas paņēmieni, kas attēlots 23.att.

Izvērtējot šo algoritmu tika izstrādāta datorprogramma MATLAB vidē, kas ļāva veikt pētījumus ar dažādos apgaismojumos iegūtiem plaukstas attēliem. Tika veikts novērtējums pret rotācijas un pārbīdes izmaiņām. Secināts, ka šāds algoritms nav piemērots vairāk par 20 grādu rotāciju un pārbīdi, kas ir lielākas par 15% nobīdi no centrālā atskaites parauga.



23. att. Delaunay indeksēšanas piemērs

Par šo tēmu tika izpētītas šādas publikācijas:

- Antony, W.B.A.; Vigila, S.M.C., "Biometric encryption system based on Delaunay indexing method," Circuits, Power and Computing Technologies (ICCPCT), 2013 International Conference on , pp.1156,1161, 20-21 March 2013
- Stoianov, A., "Security of Error Correcting Code for biometric Encryption," Privacy Security and Trust (PST), 2010 Eighth Annual International Conference on, pp.231,235, 17-19 Aug. 2010
- Yingdong Ma; Qian Chen, "Fast Delaunay Triangulation and Voronoi Diagram Generation on the Sphere," Software Engineering (WCSE), 2010 Second World Congress on , vol.1, no., pp.187,190, 19-20 Dec. 2010

Plaukstas datu nolasītāja datu drošības risinājumu, datu arhitektūras un nepieciešamā līmeņa izpēte:

Šajā pārskata periodā tika apskatītas iespējas pielāgot datu drošības algoritmus biometrijas sistēmām. Lai to veiksmīgi izpildītu, bija nepieciešams izpētīt šos algoritmus mūsdienu biometrijas sistēmās. Tika analizētas un apskatītas vairākas biometrijas sistēmas un izvērtējot tās, tika izlemts par konkrēta algoritma realizāciju. Secināts, ka datu drošības līmeņa paaugstināšanai nepieciešams apskatīt papildus algoritmus, ar augstāku sarežģītības līmeni, tomēr to ir jāspēj realizēt arī iegultās sistēmās, tāpēc šajā gadījumā neder jebkurš datu drošības algoritms.

Secinājumi

Projekta PALMs pētnieciskā darbība „Rūpniecisko pētījumu” aktivitātē tiek sekmīgi turpināta. Noris plaukstu datu apstrādes algoritmu izpēte, plaukstu datu iegūšanas un apstrādes algoritmu paralelizācija, implementēšana iegultās sistēmās un plaukstu datu šifrēšanas paņēmieni izpēte un plaukstu datu nolasītāja datu drošības risinājumu, datu arhitektūras un nepieciešamā līmeņa izpēte.

Plaukstu datu apstrādes algoritmu izpēte.

Ir izveidots paņēmieni kopums, lai būtu iespējams izdalīt plaukstu biometriskās pazīmes - uzņemot vienu RGB attēlu ir iespējams iegūt informāciju gan par plaukstu rievām, gan asinsvadiem, ar vidēji vairāk kā 70% pārliecību, ka konkrētā izdalītā pazīme patiešām ir rievu vai asinsvadu (salīdzinot ar “ground truth” attēliem). Šie rezultāti gan nesniedz secinājumus par iegūto pazīmju atkārtotamību un drošības līmeni, kāds panākams, izmantojot šādas pazīmes - tas nosakāms tikai momentā, kad zināms veids, kā salīdzināt biometrisku informāciju.

Aproksimēta attēla aprēķināšanai var izmantot savādāku masku, nekā minimizācijas veikšanai. Piemeklējot optimālus filtra masku parametrus. Teorētiski, ir iespējams panākt pazīmju (rievu un asinsvadu) atdalīšanu vienā pelēktoņu attēlā. Taču, aplūkojot aprēķinu sarežģītību, var konstatēt, ka šī metode nav domāta aprēķiniem FPGA platformā, tāpēc iegūtie rezultāti tiks rezervēti praktiskiem eksperimentiem Matlab vidē.

Plaukstu datu iegūšanas un apstrādes algoritmu paralelizācija un implementēšana iegultās sistēmās.

Nākotnē plānots turpināt testēt izveidotos moduļus, lai novērstu šobrīd esošās nepilnības. Tiks uzlabota un pilnveidota gan Altera ModelSim programmatūra, gan izveidotais programmas kods Matlab vidē.

Plaukstu datu šifrēšanas paņēmieni izpēte.

Nākamajos pārskata periodos plānots veikt pētniecisko darbu pie biometrijas datu vektora formēšanas, kas būtu piemērots dažādu biometrisku datu šifrēšanas metožu pārbaudei, lai iegūtu skaitlisku novērtējumu par to, kura metode sniedz augstāku drošību, pēc iespējas mazāk samazinot kopējās sistēmas precizitāti.

Plaukstu datu nolasītāja datu drošības risinājumu, datu arhitektūras un nepieciešamā līmeņa izpēte.

Datu drošības līmeņa paaugstināšanai nepieciešams apskatīt papildus algoritmus, ar augstāku sarežģītības līmeni, tomēr tos ir jāspēj realizēt arī iegultās sistēmās, tāpēc jāizvērtē vairāki datu drošības algoritmi.

Publicitātes aktivitātes ietvaros ir izveidota un tiek uzturēta projekta mājas lapa EDI mājas lapas ietvaros, informācija par projektu ievietota gan www.bite.edi.lv, gan biometrijas grupas twitter kontā, par projekta uzsākšanu ir ievietota preses relīze nacionālā ziņu aģentūrā LETA un projekta norises vietā ir izvietota plāksne. Sekmīgi ir nodrošināta projekta vadība, regulāri notiek vadības grupas sēdes. Uzraudzības padomes sēdēs veikta projekta gaitas un iespējamo risku analīze.

Par projekta pētnieciskiem sasniegumiem tiek plānots informēt arī piedaloties ar referātiem un publikācijās konferencēs un semināros.