



Izglītības un zinātnes
ministrija



Studiju un zinātnes
administrācija

Valsts pētījumu programma
**“Kiberfizikālās sistēmas, ontoloģijas un
biofotonika drošai & viedai pilsētai un sabiedrībai”
(SOPHIS)**

Gala pārskats par programmas izpildi.

1.06.2014. -31.12.2017.

Saturs

ZINĀTNISKAIS PĀRSKATS PAR VALSTS PĒTĪJUMU PROGRAMMAS IZPILDES GAITU.....	3
1. SADAĻA – INFORMĀCIJA PAR PROGRAMMAS IZPILDI.....	3
2. SADAĻA – INFORMĀCIJA PAR PROGRAMMAS PROJEKTIEM.....	21
2.1 KIBERFIZIKĀLO SISTĒMU TEHNOĻIJU ATTĪSTĪBA UN TO PIELIETOJUMI MEDICĪNĀ UN VIEDĀ TRANSPORTA JOMĀ	21
2.2. UZ ONTOĻIJĀM BALSTĪTAS TĪMEKĻA VIDEI PIELĀGOTAS ZINĀŠANU INŽENIERIJAS TEHNOĻIJAS.....	36
2.3. BIOFOTONIKA: ATTĒLOŠANA, DIAGNOSTIKA UN MONITORINGS.....	56
2.4. TEHNOĻIJAS DROŠAI UN UZTICAMAI GUDRAJAI PILSĒTAI.....	63

Zinātniskais pārskats par valsts pētījumu programmas izpildes gaitu

1. sadaļa – Informācija par programmas izpildi

1.1. Programmas nosaukums: **Kiberfizikālās sistēmas, ontoloģijas un biofotonika drošai & viedai pilsētai un sabiedrībai**

1.2. Programmas nosaukuma saīsinājums: **SOPHIS**,
mājaslapa internetā: <http://sophis.edi.lv/>

1.3. Programmas vadītājs: **Dr.sc.comp. Modris Greitāns**

1.4. Kontaktpersona: **Dr.sc.comp. Modris Greitāns**, 67558155, modris_greitans@edi.lv

1.5. Pārskata periods: **2014. gada 1.jūnijs līdz 2017. gada 31.decembrim.**

1.6. Programmas mērķis un tā izpilde

SOPHIS mērķis ir nākamās paaudzes IKT sistēmu attīstība, dodot ieguldījumu tautsaimniecības transformācijā uz produktiem ar augstu pievienoto vērtību, kā arī sabiedrībai nozīmīgu problēmu, kas saistītas ar digitālās plaisas mazināšanu, veselību, transportu, sabiedrības drošuma risināšanā. Izpilde organizēta četrus projektu ietvaros:

1. „Kiberfizikālo sistēmu tehnoloģiju attīstība un to pielietojumi medicīnā un viedā transporta jomā”.
2. „Uz ontoloģijām balstītas tīmekļa videi pielāgotas zināšanu inženierijas tehnoloģijas”.
3. „Biofotonika: attēlošana, diagnostika un monitorings”.
4. „Tehnoloģijas drošai un uzticamai gudrajai pilsētai”.

Programmas izpildē piedalās starptautiski augsti novērtētas pētniecības grupas ar pieredzi VPP un starptautisku projektu izpildē no **EDI, LU DF, LU ASI, LU MII, RTU DITF, RTU TI** un **RTU ŪPL**. Materiāltehniskais nodrošinājums balstās uz VNPC „IKSA centrs” modernizētā aprīkojuma izmantošanu. Tautsaimniecības sadarbības partneri pārstāv gala lietotājus, ražotājus un tehnoloģiju komercializētājus. SOPHIS stratēģiskās vadības padomē iekļauti atbilstošo jomu vadošie zinātnieki un industrijas pārstāvji.

Projektu aktivitātes satur atbilstošas jomas pētniecību, aprobāciju un tehnoloģiju pārnesi, ieguldījumu izglītībā, rezultātu publicitāti un tehnoloģisko prognozēšanu.

Programmas mērķi ir pilnībā sasniegti kā to parāda turpmāk sniegtā informācija gan par projekta rezultātiem skaitliskā izteiksmē, gan par to aprobāciju vairākās tautsaimniecības jomās – veselības aizsardzībā, viedā transportā, izglītībā un valsts pārvaldē, ražošanā, kā arī sabiedrības drošības stiprināšanā.

1.7. Kopsavilkums par programmas izpildes gaitu

(Anotācijas veidā norāda pārskata periodā veiktās darbības un galvenos rezultātus. Raksturo problēmas un novērtē, kādā mērā ir sasniegti plānotie mērķi un uzdevumi. Raksturo turpmākā darba virzienus. Apjoms – ne vairāk kā divas lapas)

Kā nozīmīgākie programmas sasniegumi ir minami:

- Bezvadu sensoru un datu tīklu testgultnes funkcionalitātes attīstība (t.sk. mobilie testgultnes adapteri tīkla testēšanai sensoru mērķa vidē), kā arī to aprobācija IKT industrijas uzņēmumā, precīzā lauksaimniecībā un izglītības procesā Latvijas Universitātē;
- Mobilu ķermeņa kustību monitorēšanas sistēmas izstrāde un tās aprobācija dažādās konfigurācijās un pielietojumos gan rehabilitācijas centrā „Mēs esam līdzās”, gan izmantošana jaunuzņēmuma „Hackmotion” produktu izstrādēs;
- Pilnizmēra pašbraucošā auto platformas un programmatūra kooperatīvai pašbraukšanai aprobēti GCDC2016 (Grand Cooperative Driving Challenge) un izstrādāta miniatūra kooperatīvās braukšanas testa trase efektīvākai algoritmu izstrādei;
- Zemas cenas monitoru sienas infrastruktūras izveide, kas nodrošina pilnīgu savietojamību ar standarta PC programmatūru un lietotnēm, un tās aprobācija LU Datorikas fakultātē;
- Atkārtoti lietojamo EAF (Environment-Action-Framework) konfigurācijas pārvaldības metodes izstrāde, kas ļauj automatizēt dažādas IT projekta izstrādes aktivitātes.
- Sagatavots un vinnēts Apvārsnis-2020 projekta "SUMMA" pieteikums H2020-ICT-16 BigData-research uzsaukumam sadarbībā ar ziņu aģentūru LETA, kur arī notiek rezultātu aprobācija;
- Uz ontoloģijām un tīmekļa tehnoloģijām balstītu vaicājumu valodas un datu ontoloģijas attēlošanas metodes izstrāde un aprobācija BKUS uz reāliem medicīnas datiem.
- tehnoloģiju ātrai ādas hromoforu kartēšanai, izmantojot vienu vai divus krāsu kameras uzņēmumus
- tehnoloģiju anestēzijas iedarbības bezkontakta kontrolei, izmantojot fotopletizmogrāfisko attēlošanu, kura aprobēta un licenzēta lietošanai Traumatoloģijas n ortopēdijas slimnīcā;
- dziļa neironu tīkla ieviešana objektu skaitīšanai un risinājuma aprobācija augstskolā „Turība”;
- uzlabota tehnoloģija datu pārraidei optiskajā tīklā, izmantojot viļņu garuma dalīšanas multipleksēšanu, kas aprobēta RTU pētniecības platformā "IKT". Savukārt iekonfigurējams „add-drop” modulis ir ticis aprobēts IKT uzņēmumā SIA "Affoc Solutions”;
- jaunās metodes tālīzpētes signālu apstrādei viedajās pilsētās, t.sk. plūdu analīzes moduļa aprobācija Ādažu pašvaldībā, kā arī uz sasniegto rezultātu pamata izcīnītais Eiropas Kosmosa Aģentūras PECS projekts “DynLand”
- uzlabota ultraplātjoslas radaru tehnoloģija n tās pielietojums objektu detektēšanā, kas aprobēts sadarbībā ar uzņēmumu SIA „VPWash”;
- tiešsaistes kontroles sistēma bakterioloģiskā piesārņojuma noteikšanai ūdens apgādes sistēmā, ieskaitot sistēmas reāla darba aprobāciju sadarbībā ar Liepājas pašvaldību un tās uzņēmumu „Liepājas ūdens”.

Šie sasniegumi parāda, ka attīstāmās IKT sistēmas ir saistītas ar sabiedrībai nozīmīgu problēmu risināšanu, kas saistītas ar sabiedrības drošības risinājumu pilnveidošanu, zināšanu efektīvāku izmantošanu, veselības aizsardzības un transporta tehnoloģiju uzlabošanu, un ir parādījušas potenciālu radīt jaunus inovatīvus produktus un pakalpojumus ar augstu pievienoto vērtību.

Detalizēta informācija par sasniegtiem rezultātiem katrā projektā ir dota tālākās šīs atskaites

sadalās, savukārt detalizēta informācija par programmas pētnieciskām aktivitātēm un zinātniskiem rezultātiem ir sniegta šīs atskaites pielikumos.

Programmas izpilde ir notikusi aktīvā sadarbība ar tautsaimniecības partneriem, no kuriem īpaši atzīmējama ir sadarbība ar:

- Bērnu klīniskās universitātes slimnīcu (BKUS), kur aprobēta uz kontrolēto dabīgo valodu balstīta ātro vaicājumu valoda;
- SIA LETA, kur aprobēta jauna efektīva semantikas izgūšanas metode;
- Logitrans Consult OU (Igaunija), Tieto Latvija un Tartu universitāti paralēla starptautiska projekta ietvaros, iegūstot sinerģiju starp pētījumiem;
- SIA Eurolcids, kur izmantoti 3D informācijas segmentēšanas algoritmi,
- SIA Pest Baltic, kur izmantoti bezvadu sensoru tīklu un nelielu objektu detektēšanas algoritmi,
- Traumatoloģijas un ortopēdijas slimnīca, RAKUS Latvijas Onkoloģijas centrs, Lāzerplastikas klīnika un Prof. J.Ķīša dermatoloģijas klīnika, kur notikuši klīniskie izmēģinājumi biofotonikas iekārtām.
- Biznesa augstskolu "Turība", kuras rezultātā aprobēts uz dziļo neironu tīklu tehnoloģiju balstīts risinājums automašīnu skaitīšanai stāvvietas iebrauktuvē;
- Ādažu būvvaldi, kuras rezultātā izstrādāta un aprobēta programma lokālai plūdu simulēšanai upē;
- SIA "VPWash", kurā aprobēts ultraplātjoslas radars automašīnu skaitīšanai;
- SIA "Affoc Solutions", kuras ietvaros pārbaudīts izstrādātais rekonfigurējams optisko kanālu izdalīšanas un pievienošanas modulis;
- SIA "Liepājas ūdens", kuras rezultātā reālos apstākļos aprobēta dzeramā ūdens piesārņojuma noteikšanas sistēma.
- CSDD (Ceļu Satiksmes Drošības Direkcija) un Biķernieku Kompleksā Sporta Bāze nodrošināja atbalstu testējot un validējot pašbraucošā auto platformu un palīdzot iegūt datus sistēmas apmācībai;
- "Latvijas Mobilais Telefons" SIA nodrošināja papildus automašīnu pašbraukšanas sistēmas testēšanai un attīstībai.

Galvenās programmas izpildes problēmas bija saistītas ar līgumu par posmu izpildi noslēgšanas ilgu aizkavēšanu un būtiski samazināto finansējumu otrā un trešā posmā attiecība pret plānoto. Līdz ar to darbu izpildes ritmu bija nepieciešams koriģēt, kas daļēji atstāja iespaidu uz rezultātu savlaicīgu sasniegšanu jeb nācās tos pārplānot atbilstoši iespējām. Finansējuma samazinājuma dēļ programmas izpildes laikā nācās atbrīvot daļu no programmas izpildītājiem, citiem koriģēt slodzi, citi nestabilās situācijas dēļ paši iesniedza iesniegumus par darba tiesisko attiecību pārtraukšanu, tajā skaitā vairāki doktoranti un jaunie zinātnieki. Pēdējā posmā savukārt nācās pieņemt jaunus, mazāk pieredzējušus darbiniekus, lai nodrošinātu rezultātu izpildi kopumā.

Neskatoties uz minētām problēmām, programmas rezultāti ir sasniegti, atsevišķos rādītājos pat būtiski pārsniegti.

Kopsavilkums par programmas projektu izpildes gaitu

1.PROJEKTS

Uzdevumi	Galvenie rezultāti
1. Izveidot un eksperimentāli aprobēt	<i>Visas atsauces uz rezultātiem formā [Result] ar</i>

<p>viedo sensoru un to tīklu inovatīvas aparatūras un programmatūras platformas kiberfizikālo sistēmu attīstībai, tajā skaitā programmēšanas pieejas kas orientētas arī uz neprofesionālu lietotāju un uz tautsaimniecību;</p> <p>1.1. Programmatūras platformu attīstība sensoru tīklu un uz tiem balstīto kiberfizikālo sistēmu efektīvai un ērtai programmēšanai gan šādu sistēmu izstrādātājiem un ekspertiem, gan citu nozaru lietotājiem;</p> <p>1.2. Inovatīva modulāra platforma iegulto sistēmu prototipēšanai, profilēšanai, atklūdošanai un novērtēšanai;</p> <p>1.3. Bezvadu sensoru tīklu izmēģinājumu, atklūdošanas un novērtēšanas vide ar vairāk kā simts pieslēguma vietām.</p>	<p><i>papildinošu informāciju ir atrodamas Pilnajā zinātniskajā atskaitē (Pielikums 1) 5.nodaļā</i></p> <p><u>Plānots:</u> Publikāciju sagatavošana;</p> <p><u>Sasniegts:</u> 5 zinātniskie raksti indeksēti SCOPUS vai Web of Science:</p> <ul style="list-style-type: none"> • “A Realistic Evaluation and Comparison of Indoor Location Technologies: Experiences and Lessons Learned” [Result A.1.2.8]; • “EDI WSN TestBed: Multifunctional, 3D Wireless Sensor Network Testbed” [Result A.1.2.9]; • “Network Data Traffic Management Inside a TestBed” [Result A.1.2.10]; • “Mobile wireless sensor network TestBed” [Result A.1.2.12]; • “Power Consumption Measurement of Tested Units in the WSN TestBed” [Result A.1.2.13]. <p><u>Plānots:</u> Izstrādāt iekārtu un programmatūras prototipus.</p> <p><u>Sasniegts:</u> 2 komplekti programmatūras prototipu:</p> <ul style="list-style-type: none"> • TestBed adaptera pārvaldības atbalsta programmatūras komplekts [Result A.4.1.3]; • TestBed lietotāja saskarnes un izstrādes rīku komplekts [Result A.4.1.5]. <p>un 3 izstrādāti iekārtu prototipi:</p> <ul style="list-style-type: none"> • TestBed adaptera prototips [Result A.4.3.1]; • TestBed sistēmas prototips [Result A.4.3.4]; • Mobilā TestBed adaptera prototips [Result A.4.3.9]. <p><u>Plānots:</u> aprobēts sistēmas prototips;</p> <p><u>Sasniegts:</u> 3 aprobācijas uzņēmumos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • TestBed aprobācija SIA “19 points” [Result C.3.3]; • Mobilā TestBed aprobācija Dobeles Dārzkopības Institutā [Result C.3.5]; • Mobilā un stacionārā TestBed aprobācija Latvijas Universitātē [Result C.3.6]. <p><u>Plānots:</u> patenta pieteikumi;</p> <p><u>Sasniegts:</u> 2 Latvijas patenta pieteikumi:</p> <ul style="list-style-type: none"> • “Mobila ierīce bezvadu sensoru tīklu un
--	---

	<p>to mezglu efektīvai izstrādei mērķa vidē”, [Result C.2.1.1];</p> <ul style="list-style-type: none"> • “Metode antenas virziendarbības nodrošināšanai, izmantojot tikai spiesto plašu celiņus ar pielāgotu garumu”, [Result C.2.1.2]. <p><u>Plānots</u>: tehnoloģijas licenzēšana;</p> <p><u>Sasniegts</u>: 1 licences līgums ar Latvijas Universitāti par TestBed sistēmas izmantošanu [Result C.4.1].</p> <p><u>Plānots</u>: rezultātu izplatīšana;</p> <p><u>Sasniegts</u>: 2 starptautiski projekti sinerģijā:</p> <ul style="list-style-type: none"> • H2020 projekts ENACT [Result A.4.4.5]; • EU FP7 ARTEMIS projekts DEWI [Result A.4.4.8]. <p>4 projekta rezultātā uzlaboti mācību kursi:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ievads digitālajā projektēšanā, Latvijas Universitāte [Result A.3.1]; • Operētājsistēmu koncepcijas, Latvijas Universitāte [Result A.3.2]; • Specseminārs: Kiberfizikālās sistēmas, Latvijas Universitāte [Result A.3.3]; • Bezvadu sensoru tīkli, Latvijas Universitāte [Result A.3.4]. <p>Pilns saraksts ar rezultātu izplatīšanas aktivitātēm ir atrodams Pielikumā 1, Nodaļā 5.</p>
<p>2. Izpētīt, izstrādāt un eksperimentāli aprobēt kiberfizikālās sistēmas medicīnas un telemedicīnas lietojumiem profilaksē, diagnostikā, ārstēšanā un rehabilitācijā, kas uzlabotu gan indivīdu gan sabiedrības veselības stāvokli un labklājību.</p> <p>2.1. Viedā apģērba platformas izveide (aparātūras, arhitektūras un programmatūras) ērti lietojamu valkājamo sensoru tīklu radīšanai;</p> <p>2.2. Viedā apģērba platformas pielietojumi telemedicīnā – attālinātā/virtuālā fizioterapija</p> <p>2.3. Datu reģistrācija un analīze medicīnas kiberfizikālajās sistēmās.</p>	<p><u>Plānots</u>: Publikāciju sagatavošana;</p> <p><u>Sasniegts</u>: 2 žurnālu publikācijas ar augstu ietekmi (SNIP>1):</p> <ul style="list-style-type: none"> • “Acceleration and Magnetic Sensor Network for Shape Sensing” [Result A.1.1.1]; • “Architecture of smart clothing for standardized wearable sensor systems” [Result A.1.1.2]; <p>Un 9 zinātniskie raksti indeksēti SCOPUS vai Web of Science:</p> <ul style="list-style-type: none"> • “Shape sensing based on acceleration and magnetic sensor system” [Result A.1.2.3]; • “Smart textiles for wearable sensor networks: review and early lessons” [Result A.1.2.5]; • “Wearable sensor grid architecture for body posture and surface detection and rehabilitation” [Result A.1.2.7]; • “Inertial sensors and muscle electrical

	<p>signals in human-computer interaction” [Result A.1.2.11];</p> <ul style="list-style-type: none"> • “On improving gait analysis data: heel induced force plate noise removal and cut-off frequency selection for Butterworth filter” [Result A.1.2.14]; • “Amplitude Adaptive ASDM circuit” [Result A.1.2.17]; • “Knee Joint Dynamics Monitoring Using Wearable Sensor Network and Mobile Software During Rehabilitation” [Result A.1.2.18]; • “Human skin as n-th order passive filter” [Result A.1.2.20]; • “Smart textiles: efficient data collection grid architecture” [Result A.1.2.21]. <p><u>Plānots</u>: Izstrādāt iekārtu un programmatūras prototipus.</p> <p><u>Sasniegts</u>: 2 komplekti programmatūras prototipu:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Galvas pozīcijas uzraudzības mobilā aplikācija [Result A.4.1.1]; • Ceļa locītavas uzraudzības mobilā aplikācija [Result A.4.1.2]. <p>un 6 izstrādāti iekārtu prototipi:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Galvas pozīcijas sensora prototips [Result A.4.3.2]; • Ceļa locītavas sensora prototips [Result A.4.3.3]; • Ķermeņa un galvas uzraudzības sistēmas prototips [Result A.4.3.5]; • Prototips EKG datu ieguvei [Result A.4.3.6]; • Galvas apsēja prototips datora vadībai [Result A.4.3.7]; • Prototips 12 nolašu EKG datu ieguvei un atgriezeniskās saites nodrošināšanai [Result A.4.3.11]. <p><u>Plānots</u>: aprobēts sistēmas prototips;</p> <p><u>Sasniegts</u>: 3 aprobācijas uzņēmumos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aprobācija SIA EuroLCDs [Result C.3.1]; • Aprobācija rehabilitācijas centrā “Mēs esam līdzās” [Result C.3.4]; • Aprobācija “Wide.Tech” [Result
--	---

	<p>C.3.7].</p> <p><u>Plānots</u>: izveidot jaunu (spin-off) uzņēmumu;</p> <p><u>Sasniegts</u>: 1 jauns (spin-off) uzņēmums Hack-motion kā līdzdibinātājs ir pētnieks šajā projektā [Result C.5.1].</p> <p><u>Plānots</u>: rezultātu izplatīšana;</p> <p><u>Sasniegts</u>: 2 starptautiski projekti sinerģijā:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Norway grants HIPAC projekts [Result A.4.4.2]; • ERA-NET projekts CONVERGENCE [Result A.4.4.4]. <p>Pilns saraksts ar rezultātu izplatīšanas aktivitātēm ir atrodams Pielikumā 1, Nodaļā 5.</p>
<p>3. Izpētīt un izstrādāt viedo sensoru un to tīklu tehnoloģiju pielietojumus viedās transporta sistēmās, lai nodrošinātu drošu, ekonomisku un ērtu ceļu satiksmes dalībnieku savstarpējo pārvietošanos.</p> <p>3.1. Autovadītāja personīgais asistents - attēlu apstrādes metožu izpēte vadītāja uzmanības monitoringam un reakcijas pareģošanai, kā arī ērtas atgriezeniskās saites izveidei starp sistēmu un vadītāju;</p> <p>3.2. Vadītāja redzes loka paplašināšana izstrādājot 3D un 2D attēlu veidošanas un apstrādes metodes apkārtējās vides monitoringam, interpretēšanai un reaģēšanai;</p> <p>3.3. Vadītāja redzamības nodrošināšana ārpus redzamās gaismas diapazona, izmantojot termālo attēlu iegūšanu, apstrādi un interpretēšanu, grūti pamanāmu objektu detektēšanai diennakts tumšajā laikā;</p> <p>3.4. Viedo transporta sistēmu komunikācijas metodes sadarbībai gan starp atsevišķiem transporta līdzekļiem, gan starp transporta līdzekļiem un specifisku ceļu infrastruktūru;</p>	<p><u>Plānots</u>: Publikāciju sagatavošana;</p> <p><u>Sasniegts</u>: 2 žurnālu publikācijas ar augstu ietekmi (SNIP>1):</p> <ul style="list-style-type: none"> • “Improved RGB-DT based face recognition” [Result A.1.1.3]; • “DIY Car Control System for Cooperative Driving” [Result A.1.1.4]. <p>un 7 zinātniskie raksti indeksēti SCOPUS vai Web of Science:</p> <ul style="list-style-type: none"> • “RGB-D-T based Face Recognition” [Result A.1.2.1]; • “Development of 802.11p Testbed – Experiences” [Result A.1.2.2]; • “Face recognition system on Raspberry Pi” [Result A.1.2.4]; • “Complex matched filter for line detection” [Result A.1.2.6]; • “Prospects of improving the selfdriving car development pipeline: transfer of algorithms from virtual to physical environment” [Result A.1.2.15]; • “Using virtual environment for autonomous vehicle algorithm validation” [Result A.1.2.16]; • “Scalable in-door positioning system for cooperative MicroIV algorithm development” [Result A.1.2.19]; <p><u>Plānots</u>: Izstrādāt iekārtu un programmatūras prototipus.</p> <p><u>Sasniegts</u>: 1 programmatūras prototipa komplekts autonomai kooperatīvai pašbraucošai automašīnai aprobācijai GCDC.</p> <p>un 2 izstrādāti iekārtu prototipi:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Prototips automātiskai kooperatīvai pašbraucošai automašīnai [Result

	<p>A.4.3.8];</p> <ul style="list-style-type: none"> • Prototips miniatūrai kooperatīvu auto infrastruktūrai [Result A.4.3.10]. <p><u>Plānots</u>: aprobēts sistēmas prototips;</p> <p><u>Sasniegts</u>: 1 aprobācija industrijā GCDC pasākuma ietvaros [Result C.3.2].</p> <p><u>Plānots</u>: rezultātu izplatīšana;</p> <p><u>Sasniegts</u>: 4 starptautiski projekti sinerģijā:</p> <ul style="list-style-type: none"> • H2020 ECSEL projekts 3CCar [Result A.4.4.1]; • H2020 ECSEL projekts Autodrive [Result A.4.4.3]; • H2020 ECSEL projekts PRYSTINE [Result A.4.4.6]; • H2020 ECSEL projekts I_MECH [Result A.4.4.7]. <p><i>Pilns saraksts ar rezultātu izplatīšanas aktivitātēm ir atrodams 1. Pielikuma 5. nodaļā.</i></p>
--	--

2.PROJEKTS

Uzdevumi	Galvenie rezultāti
I) Attīstīt tehnoloģijas e-pakalpojumu un e-medicīnas datu apstrādes risinājumu drošības un pieejamības paaugstināšanai.	
Plānots	Sasniegts
<ul style="list-style-type: none"> • Attīstīt uz ontoloģijām balstītas zināšanu pieejas tiesību modelēšanas metodes, kas dos iespēju semantiskās tehnoloģijas lietot arī jomās, kur ir nepieciešama paaugstināta datu apstrādes risinājumu drošība, kā, piemēram, privāto datu konfidencialitāte e-medicīnas jomā (A1.1). • Attīstīt uz ontoloģijām balstītu saistīto datu tehnoloģijas e-pārvaldes un e-medicīnas lietojumiem, lai nodrošinātu ātrāku un precīzāku savstarpēji saistīto, bet fiziski nodalīto datu pieejamību (A1.5). • Attīstīt metodoloģiju un ietvara demonstrācijas prototipu semantiskā tīmekļa servisu integrēšanai tradicionālajos tīmekļa lietojumu portālos izmantošanai dažādās problēmsfērās, piemēram, e-loģistikā, kas ļautu nodrošināt pastāvīgu sistēmu strukturālās kvalitātes un savstarpējās savietojamības kontroli, kas, savukārt, ļautu izsargāties no nevēlamiem 	<p><u>Plānots</u>: 2 Metodikas.</p> <p><u>Sasniegts</u>: Izstrādāta metodika, kas aprakstīta zinātniskajā pārskatā 3. posma atskaites 2. pielikumā, nodaļā 2.1.2. (angl.)</p> <p><u>Sasniegts</u>: Izpētīta saistīto datu izmantošanas dažādos priekšmetu apgabalos labākā prakse. Atrodama 1. posma atskaites pielikumā 2.4.</p> <p><u>Sasniegts</u>: Izpētīts saistīto datu tehnoloģiju patreizējais stāvoklis, kā arī veikta to vispārīgas pielietojšanas aspektu (RDF datu validācija, pieejas kontrole) un detalizēta e-medicīnas un e-pārvaldes saistīto datu lietojumu analīze – izstrādāta metodoloģija. Atrodama 4. posma atskaites 2. pielikuma nodaļā 2.1.1.5.</p> <p><u>Plānots</u>: 1 Metodika.</p> <p><u>Sasniegts</u>: Izstrādāta metodika semantiskā tīmekļa servisu izstrādei un integrēšanai tīmekļa portālā, kas aprakstīta publikācijā „Novickis L., Vinichenko S., Sotnichoks M., Lesovskis A., Graph Models and GeoData Based Web Portal in Cargo Transportation. In : Scientific Journal of Riga Technical University. Applied Computer Systems, 2015/17, RTU Press, Riga, 2015, pp. 34-39.”, 1. un 2. posma atskaites 2. pielikuma nodaļās 2.2.4 un 2.2.5 un 3. posma</p>

<p>izmaiņu blakusefektu, laicīgi konstatējot to iespējamību, kā arī nodrošināt izmaiņām atbilstošu zināšanu plūsmu (A1.9)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Attīstīt metodes liela apjoma datu pieejamībai, kas balstītas uz modeļiem un nozares ontoloģijām, piedāvājot jaunas tīmekļa videi piemērotas datu atlasīšanas un vizualizācijas metodes (A1.10). • Attīstīt biznesa procesu modeļu pielietošanas metodes programmas izpildes laika notikumu analīzē, lai paaugstinātu informācijas sistēmu drošības līmeni. (A1.11) 	<p>atskaites 2. pielikuma nodaļā 2.2.4.</p> <p><u>Plānots: 1 Programmatūras prototips.</u> <u>Sasniegts:</u> Izgatavots monitoru sienas prototips. <u>Sasniegts:</u> Izstrādāts eksperimentāls datu pārlūkošanas un vizualizācijas programmatūras prototips, saistīts ar monitoru sienas infrastruktūras iespējām. (Pieejami pēc pieprasījuma LU DF)</p> <p><u>Plānots: 1 aprobēts ietvars.</u> <u>Sasniegts:</u> Izstrādātais ietvars semantiskā tīmekļa servisu izstrādei un integrēšanai ir aprobēts eLOGMAR portāla pilnveidošanā un citos programmatūras izstrādes projektos, kas ir aprakstīti zinātniskā publikācijā „Bartusevičs, A., Lesovskis, A., Ponomarenko, V. Model-Driven Approach and Library of Reusable Source Code for Automation of IT Operations. Applied Computer Systems. Vol.21, 2017, pp. 5-12”, un zinātniskās atskaites (2. pielikums) 2.2.4. nodaļā</p> <p><u>Plānots: 2 aprobēti prototipi.</u> <u>Sasniegts:</u> LU DF telpās izgatavots un aprobēts monitoru sienas prototips. <u>Sasniegts:</u> Aprobēts eksperimentāls datu pārlūkošanas un vizualizācijas programmatūras prototips, saistīts ar monitoru sienas infrastruktūras iespējām. <u>Sasniegts:</u> Izstrādāts banku maksājumu klīringa procesa Latvijas Bankā izpildes laika drošības modelis un veikta tā aprobācija. <u>Sasniegts:</u> Aprobēts biļešu rezervācijas sistēmas izpildes laika drošības modelis. <u>Sasniegts:</u> Aprobēts dronu darbības monitoringa modelis projektā ARTEMIS.</p> <p><u>Sasniegts:</u> Rezultāti publicēti 26 zinātniskos rakstos. <u>Sasniegts:</u> Aizstāvēti 3 promocijas darbi.</p>
<p>II) Izstrādāt uz ontoloģijām balstītas tīmekļa videi pielāgotas modelēšanas tehnoloģijas un rīkus zināšanu analīzei.</p>	
<ul style="list-style-type: none"> • Izstrādāt uz ontoloģijām balstītas tīmekļa videi pielāgotas modelēšanas tehnoloģijas un rīkus nozares uzkrāto zināšanu formālu, tomēr gala lietotājam viegli saprotamu ontoloģiju veidošanai. (A1.3). • Izstrādāt uz ontoloģijām balstītu vaicājumu valodu gala lietotājam viegli veidojamu un saprotamu vaicājumu uzdošanai. (A1.2) • Izstrādāt semantiskā tīmekļa un datorlingvistikas metodes dabīgajā valodā uzkrāto datu semantikas formalizēšanai (A1.4). 	<p><u>Plānots: 2 Metodes.</u> <u>Sasniegts:</u> Izstrādāta metodika, kas atrodama 1. posma atskaites pielikumos 2.3.1 un 2.3.2 un aprakstīta A.Sproģa publikācijās, kā arī 4. posma atskaites 2. pielikuma nodaļā 2.1.1.7. (angl.) <u>Sasniegts:</u> Izstrādāta metodoloģija, kas aprakstīta publikācijās un zinātniskajā pārskatā 3. posma atskaites 2. pielikumā, nodaļā 2.1.4. (angl.)</p> <p><u>Plānots: 1 Valodas apraksts.</u> <u>Sasniegts:</u> Izstrādāta vaicājumu valoda. Tās apraksts atrodams 1. un 2. posmu atskaites 2. pielikumā, nodaļā 2.1.2. (angl.)</p>

	<p><u>Plānots: 2 Programmatūras prototipi.</u> <u>Sasniegts:</u> Izstrādāts vaicājumu valodas programmatūras prototips, kas pieejams, veicot pieejas tiesību pieprasījumu LUMII. <u>Sasniegts:</u> Izstrādāts tīmeklī balstītu modelēšanas tehnoloģiju izstrādes platformas prototips, kas pieejams, veicot pieejas tiesību pieprasījumu LUMII.</p> <p><u>Plānots: 2 aprobētas metodes.</u> <u>Sasniegts:</u> Datu ontoloģijas būvesmetode aprobēta BKUS – apraksts 4. posma atskaites 2. pielikumā, nodaļā 2.1.1.4 (angl.). <u>Sasniegts:</u> Rīkkopas prototips tika aprobēts ziņu aģentūrā LETA – apraksts 2. posma atskaites 2. pielikumā, nodaļā 2.1.10 (angl.).</p> <p><u>Plānots: 1 aprobēts prototips.</u> <u>Sasniegts:</u> Vaicājumu valodas programmatūra aprobēta BKUS – apraksts 2. posma atskaites 2. pielikumā, nodaļā 2.1.7 (angl.).</p> <p><u>Sasniegts:</u> Sagatavots un vinnēts Apvārsnis-2020 projekta "SUMMA" pieteikums H2020-ICT-16 BigData-research uzsaukumam. <u>Sasniegts:</u> Izcīnīta 1.vieta SemEval-2016 Task 8 starptautiskajā sacensībā par AMR izgūšanu no dabiskās valodas teksta. <u>Sasniegts:</u> Izcīnīta 1. vieta SemEval-2017 Task- 9 starptautiskajās sacensībās ASV par angļu valodas tekstradi no formāla AMR pieraksta.</p> <p><u>Sasniegts:</u> Rezultāti publicēti 19 zinātniskos rakstos. <u>Sasniegts:</u> Aizstāvēti 2 promocijas darbi.</p>
<p>III) Izpētīt un izstrādāt semantiskā tīmekļa tehnoloģijas zināšanu formalizācijai, vairākkārtīgai izmantošanai un koplietošanai.</p>	
<ul style="list-style-type: none"> • Pilnveidot zināšanu struktūras modeļu automatizēto analīzi, paplašinot intelektuālā rīka I4S funkcionalitāti, kas ļaus iegūtās zināšanas izmantot pilnvērtīgāk gan lai noteiktu sarežģītu heterogēnu sistēmu funkcionālo stāvokli, gan saistītos riskus un prognozētu iespējamo defektu izraisītās sekas (A1.6). • Izstrādāt zināšanu struktūru modeļu transformācijas metodes modeļu savietošanai, kā arī metodes modeļu sintakses, semantikas un struktūras analīzei, lai noteiktu modeļu pārklāšanās un savietojamības pakāpi, kā arī metodes specifisko modeļu atdalīšanai, kas radīs iespēju zināšanas koplietot, dalīties ar tām un tās vairākkārtīgi izmantot, kā arī automatizēt mācību materiālu izstrādi 	<p><u>Plānots: 1 Programmatūra I4S 2.0</u> <u>Sasniegts:</u> Izstrādāta intelektuālais struktūrmodelēšanas programmatūras rīka versija ar paplašinātu funkcionalitāti I4S 2.0 (pieejama pēc pieprasījuma RTU DITF Mākslīgā intelekta un sistēmu inženierijas katedrā)</p> <p><u>Plānots: 1 Sistēmas apraksts</u> <u>Sasniegts:</u> Sagatavots I4S sistēmas apraksts – IFS User Manual v.1.0 (pieejams pēc pieprasījuma RTU DITF Mākslīgā intelekta un sistēmu inženierijas katedrā)</p> <p><u>Plānots: 3 Metodes.</u> <u>Sasniegts:</u> Izstrādāta metode autonomai izmaiņu ieviešanai daudzāģentu sistēmu zināšanu struktūrās, kas aprakstīta zinātniskā publikācijā „Lavendelis E. A Cloud Based Knowledge Structure Update and Machine Learning Framework for Heterogeneous Multi-Agent Systems. International Journal of</p>

<p>un zināšanu vērtēšanu (A1.7).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Izstrādāt jaunas metodes un algoritmus šādu uzdevumu risināšanai: elementu nozīmības novērtēšanai, loģisko operatoru atspoguļošanai un secināšanas likumu interpretēšanai, lai veiktu zināšanu par sarežģītu heterogēnu sistēmu funkcionālo un uzvedības struktūru analīzi. (A1.8) 	<p>Artificial Intelligence, Vol. 14 (2), October, 2016. CESER Publishing, pp. 157-170.”</p> <p><u>Sasniegts:</u> Izstrādāta pieeja/metodika biznesa objektu legālo stāvokļu kontrolei, kas aprakstīta publikācijā „Peņicina L. Controlling Business Object States in Business Process Models to Support Compliance. PoEM 2016, Doctoral Consortium, Skövde, Sweden, November 8-10, 2016” (publicēta Ceur-ws.org) un maģistra darbā „Linda Stanga. Pastāvīgas biznesa procesu un uzņēmumarhitektūras atbilstības uzturēšanas paņēmiena izstrāde. Maģistra darbs, Rīgas Tehniskā universitāte, 2016”</p> <p><u>Sasniegts:</u> Izstrādāta metodika prasību inženierijas zināšanu/artefaktu uzturēšanai un izplatīšanai, kas ir aprakstīta 4.posma zinātniskās atskaites (2. pielikums) 2.2.3.6. nodaļā</p> <p><u>Plānots:</u> 1 aprobēts prototips.</p> <p><u>Sasniegts:</u> Veikta daudzu robotu sistēmas imitācijas programmatūras rīka prototipa aprobācija, kas aprakstīta dokumentā „Lavendelis, E. Prototype of adaptive multi-agent system. Technical report, Riga Technical University, 2017”</p> <p><u>Plānots:</u> 2 aprobētas metodes.</p> <p><u>Sasniegts:</u> Aprobētas metodes darbam ar zināšanu struktūrām mācību materiālu izstrādei, kā arī automatizētai uzdevumu izstrādei un zināšanu vērtēšanai.</p> <p><u>Sasniegts:</u> Lai aprobētu izstrādāto metodi emocijās balstīta mācību procesa dinamiskai adaptācijai tika izstrādāta izglītojošas spēles sākotnējā versija, kas aprakstīta zinātniskā publikācijā „Petrovica, S. Multi-level adaptation of an educational game to individual student’s gameplay, knowledge and emotions. Proceedings of the 9th Annual International Conference on Education and New Learning Technologies, Barcelona, Spain, July 3-5, 2017, pp. 2220-2230”</p> <p><u>Sasniegts:</u> Lai aprobētu izstrādāto metodi emociju sociālo efektu modelēšanai tika izstrādāta daudzāģentu sistēmas veidā realizēta spēle, kas aprakstīta zinātniskā publikācijā „Pudane, M. Affective Multi-Agent System for Simulating Mechanisms of Social Effects of Emotions. Proceedings of Seventh International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction Workshops and Demos (ACIIW), San Antonio, United States of America, October 23-26, 2017. San Antonio, 2017, pp. 129-134”</p> <p><u>Sasniegts:</u> Rezultāti publicēti 20 zinātniskos rakstos. <u>Sasniegts:</u> Aizstāvēti 3 promocijas darbi.</p>
---	--

3.PROJEKTS

Plānots	Sasniegts*
<p>1. Izstādāt un eksperimentāli aprobēt jaunas attēlošanas tehnoloģijas:</p> <p>1.1. Tehnoloģija vairāku monohromatisku spektrālo attēlu iegūšanai no viena digitāla krāsu attēla datiem.</p> <p>1.2. Videoattēlošanas tehnoloģija sirdsdarbības un asinsrites parametru bezkontakta monitoringam tuvajā infrasarkanajā spektra diapazonā.</p> <p>1.3. Infrasarkanā diapazona attēlošanas tehnoloģijas biometrijai un audu stāvokļa kvantitatīvam novērtējumam.</p> <p>2. Izstādāt metodes, algoritmus un programmas iegūto attēlu operatīvai un efektīvai apstrādei, t.sk. objektu parametrisko karšu aprēķiniem.</p> <p>3. Pilnveidot programmnodrošinājumu ādas multimodālās attēlošanas prototipa ierīcei, aprobēt to klīniski un veikt tehnoloģijas pārnesi.</p> <p>4. Attīstīt jaunas koncepcijas, metodikas un tehnoloģijas bezkontakta, neinvazīvai un minimāli invazīvai diagnostiskai attēlošanai.</p> <p>5. Veikt izstrādāto metodiku, programmatūru un maketierīču pre-klīnisko aprobāciju nelielās (20-50 cilv.) pacientu grupās.</p>	<p>1.1. Izstrādātas un aprobētas 2 tehnoloģijas – “viena knipša” līdz 3 monohromatisku attēlu iegūšanai un “dubultknipša” līdz 6 monohromatisku attēlu iegūšanai.</p> <p>1.2. Izstrādāta un aprobēta PPG video-attēlošanas tehnoloģija ādas asinsrites perfūzijas monitoringam 2 variantos – tuvajā infrasarkanajā (NIR) diapazonā un kombinētā NIR+zaļā apgaismojumā.</p> <p>1.3. Tuvā infrasarkanā diapazona (0.9-1.7 mikroni) attēlošanas un spektroskopijas metodes notestētas ādas mitruma novērtējumam.</p> <p>2. Izstrādātas efektīvas metodes, algoritmi un programmas ādas hromoforu sadalījuma un perfūzijas karšu aprēķiniem.</p> <p>3. Pilnveidots prototipa ierīces “SkImager” programmnodrošinājums, kas klīniski aprobēts ādas eritēmas novērtējumam; uzsākts tehnoloģiju pārneses process.</p> <p>4. Attīstītas koncepcijas viena un divu “knipšu” ādas hromoforu kartēšanai un attālinātai anestēzijas iedarbības kontrolei.</p> <p>5. Veikti klīniskie mērījumi ar izstrādātajām vai pilnveidotajām maketierīcēm ādas hromoforu kartēšanai, ādas audzēju diagnostikai, ādas eritēmas un mitruma novērtēšanai, ādas asinsrites perfūzijas kartēšanai un attālinātai anestēzijas kontrolei.</p>

*) Sīkāka informācija ir sniegta šīs atskaites 3.pielikumā un tīmekļa vietnē, <http://sophis.edi.lv/research/project-no-3-biophotonics-imaging-diagnostics-and-monitoring/>

4.PROJEKTS

Uzdevumi	Rezultāti
1. Pilsētas centralizētas monitorēšanas pieejas izstrāde, izmantojot multi-sensoru datu iegūšanas punktus.	Izstrādāta "Viedo pilsētas datu savākšanas punkta specifikācija" (latviešu valodā, sk. Http://www.edi.lv/media/uploads/UserFiles/Sensoru-specifikacija.pdf)
2. Liela apjoma sensoru datu pārsūtīšana uz datu apstrādes centru, izstrādājot augsti efektīvu optiskās šķiedras pārraides tehnoloģiju.	Izstrādāta WDM-PON pārraides tehnoloģija ar pilnīgi optisku kanālu izdalīšanas un pievienošanas funkciju (skat. 4. pielikuma 4.5. sadaļu).
3. Signālapstrādes metožu un algoritmu izstrāde iepriekš definētu darbības vai notikumu scenāriju atpazīšanai pilsētas drošības veicināšanai; to realizācija, veicot inverso problēmu risināšanu un izmantojot augstas veiktspējas skaitļošanas resursus	Attīstītas dziļas neironu tīklu metodes un programmatūra video un citu sensoru datu apstrādei, lai risinātu pilsētu drošības problēmas (skatīt 4. pielikuma 4.2. sadaļu).

(High Performance Computing- HPC)..	
4. Pilsētu drošības monitorēšanas pieeju izstrāde, kas balstīta uz tālzipētes (satelītu vai lidmašīnās izvietotu sensoru) datu iegūšanu un apstrādi; to realizācija, izmantojot augstas veiktspējas paralēlās darbības skaitļošanas resursus..	Izstrādātas 3 jaunas metodes un algoritmi multispektrālo un hiperpektrālo tālzipētes datu apstrādei zemes izmantošanas monitoringam. Izstrādāta programmatūra plūdu modelēšanai (skatīt 4. pielikuma 4.3. sadaļu).
5. Pilsētas infrastruktūras drošības monitoringa tehnoloģiju izstrāde, izmantojot UWB sensorus, un objektu lokalizācijas apgriezto problēmu risināšana.	Izstrādāta drošības monitoringa tehnoloģija, kas izmanto UWB sensorus (sk. 4. pielikuma 4.4. sadaļu).
6. Pilsētas ūdensapgādes sistēmas bakterioloģiskās kvalitātes kontroles sistēmas izstrāde.	Izstrādāta automātiska kontroles sistēma baktēriju piesārņojuma noteikšanai ūdens apgādes sistēmā (sk.4. pielikuma 4.6. sadaļu).
7. Izstrādāto tehnoloģiju un risinājumu nodošana gala lietotājiem, stimulējot to izmantošanu tautsaimniecībā.	<ol style="list-style-type: none"> 1. SIA "Affoc Solutions" aprobēta WDM-PON pārvades sistēma ar pilnīgi optisku kanālu izdalīšanas un pievienošanas funkciju (skat. Pielikumu 4.15). 2. SIA "VPWash" aprobēta ultra platjoslas radara lietojumprogramma transportlīdzekļu skaitīšanai (skat. Pielikumu 4.12). 3. Dzeramā ūdens kvalitātes kontrole un piesārņojuma noteikšanas sistēma aprobēta SIA "Liepājas ūdenī" (sk. Pielikumu 4.10). 4. SIA "Biznesa augstskola" Turība "aprobēts neironu tīkls objektu skaitīšanai (skat. Pielikumu 4.13). 5. Plūdu simulācijas programma "AdazuPludi" aprobēta Adazi pašvaldībā (skat. Pielikumu 4.14).

1.8.1 Programmas aktivitātes un to izpilde

Nr. p.k.	Programmas aktivitātes	Rezultāts skaitliskā izteiksmē		
		Skaitis (plānotais)	Mērvienība	Skaitis (sasniegtais)

1.	Pētniecība	12	Programmatūras prototipi (devums 1.,3.,4.,5.,6.,7.,8.,10.uzdevumu izpildei)	23
		15	Metodikas, apraksti (devums 2., 5., 6., 9., uzdevumu izpildei)	21
		21	Maketi, prototipi, tehnoloģijas (devums 1., 3., 4.,7.,8.,10.,11.uzdevumu izpildei)	25
		6	Iesaiste starptautiskos projektos (devums 4. horizontālā uzdevuma izpildē)	12
2.	Tehnoloģiju pārnese	15	Aprobētas tehnoloģijas un prototipi	22
		12	Patenti (devums 2. un 5.horizontālā uzdevuma izpildei)	14
3.	Ieguldījums izglītībā	22	Aizstāvēti promocijas darbi	14+11 (priekšizstāvēti, sagatavoti aizstāvēšanai)
		52	Aizstāvēti maģistra darbi	67
		13	Uzlaboti studiju kursi (devums 3.horizontālā uzdevuma izpildei)	15
4.	Rezultātu izplatīšana un ilgtermiņa tehnoloģiskā prognozēšana	80	Zinātniskas publikācijas	140+3 (iesniegtas)
		54	Prezentācijas starptautiskās konferencēs un semināros	92
		4	Dalība izstādēs (devums 1.horizontālā uzdevuma izpildei)	8
		25	Organizēti publiski semināri	27
		2	Organizētas starptautiskas konferences	3
		40	Populārzinātniski raksti, pasākumi, informācija masu mēdijos (devums 6.horizontālā uzdevuma izpildei)	81
4	Tehnoloģiskās prognozes (devums 7. horizontālā uzdevuma izpildē)	4		

1.8.2 Programmas rezultatīvie rādītāji un to izpilde

Rezultatīvais rādītājs	Rezultāti					
	plānots	sasniegts				
	2014.–2017. g.					
		kopā	1.posms	2.posms	3.posms	4.posms
Zinātniskie rezultatīvie rādītāji						

1. Zinātnisko publikāciju skaits:	80	140+3*	17	27	46	50+3*
oriģinālo zinātnisko rakstu (SCOPUS) (SNIP > 1) skaits	17	12+3*	0	2	4	6+3*
Oriģinālo zinātnisko rakstu IEEEExplore, ACM DL, SCOPUS, Web of science datubāzēs iekļautajos izdevumos skaits	63	108	13	22	34	39
recenzētu zinātnisku monogrāfiju skaits	1	2	0	0	0	2
Citu oriģinālo zinātnisko rakstu skaits	-	20	4	5	8	3
2. Programmas ietvaros aizstāvēto darbu skaits:						
promocijas darbu skaits	22	14+11*	1	4	3	6+11*
maģistra darbu skaits	52	68	8	8	24	28
3. Uzlaboto studiju kursu skaits	13	15	1	2	3	9
4. Pētniecība						
4.1 programmatūras prototipi	12	23	1	1	8	13
4.2 Metodikas apraksti	15	21	5	0	4	12
4.3 Maketi, prototipi, tehnoloģijas	21	25	5	6	4	10
4.4 iesaiste starptautiskajos projektos	6	12	1	2	2	7
Programmas popularizēšanas rezultatīvie rādītāji						
1. Programmas gaitas un rezultātu popularizēšanas interaktīvie pasākumi, kuru mērķu grupās iekļauti arī izglītojamie, skaits:						
Prezentācijas starptautiskās konferences	50	83	13	15	23	32
Prezentācijas starptautiskos semināros	4	9	0	1	3	5
rīkoti semināri	25	27.5	5	8	6	8.5
populārzinātniskas publikācijas, pasākumi, informācija masu medijos	40	81	1	23	25	32
izstādes	4	8	2	0	4	2
rīkotas starptautiskas konferences	2	3	0	1	1	1
2. Preses relīzes	0	9	2	3	2	2
3. Ilgtermiņa tehnoloģiskā prognoze programmas ietvaros attīstītajiem zinātniskajiem un tehnoloģiskajiem virzieniem	4	0	0	0	0	4
Tautsaimnieciskie rezultatīvie rādītāji						
1. Zinātniskajai institūcijai programmas ietvaros piesaistītā privātā finansējuma apjoms, t. sk.:						
1.1. privātā sektora līdzfinansējums programmā iekļauto projektu īstenošanai	10000	70820	0	0	70820	0
1.2. ieņēmumi no programmas ietvaros radītā intelektuālā īpašuma komercializēšanas (rūpnieciskā īpašuma tiesību atsavināšana, licencēšana, izņēmuma tiesību vai lietošanas tiesību piešķiršana par atlīdzību)						

1.3. ieņēmumi no līgumdarbiem, kas balstās uz programmas ietvaros radītajiem rezultātiem un zinātības	435000	1520346	232803	1198743	81800	27674
1.4 Zinātnisko institūciju līdzfinansējums no pašu līdzekļiem programmas izpildei (EUR):	368300	319768	22402	96730	200633	140432
2. Programmas ietvaros pieteikto, reģistrēto un spēkā uzturēto patentu vai augu šķirņu skaits:	12	14	1	1	0	12
Latvijas teritorijā	10	13	1	1	0	11
ārpus Latvijas	2	1	0	0	0	1
3. Programmas ietvaros izstrādāto jauno tehnoloģiju, metožu, prototipu vai pakalpojumu skaits, kas aprobēti uzņēmumos	15	22	0	5	4	13
4. Ieviešanai nodoto jauno tehnoloģiju, metožu, prototipu, produktu vai pakalpojumu skaits (noslēgtie līgumi par intelektuālā īpašuma nodošanu)	3	3	0	0	0	3
5. Izveidots jauns (spin-off) uzņēmums	1	1	0	0	0	1
6. Zinātnisko institūciju ieņēmumi no sinerģiskiem pētniecības projektiem (EUR)	4200000	4004006	0	108703	1288364	2606936

1.9. Programmas īstenošanas analīze

Stiprās puses	Vājās puses
<p>1. Izpildi veica spēcīgs izpildītāju konsorcijs, kurā apvienojās Latvijā starptautiski visaugstāk novērtētās datorzinātnes un elektronikas un telekomunikāciju inženierzinātņu jomas zinātniskās institūcijas.</p> <p>2. Starpdisciplinārs kolektīvs, deva iespēju paplašināt pētnieciskām grupām savu redzesloku un pētījumu pielietojumu, kā arī sadarbojoties radīt kopējus labākus rezultātus.</p> <p>3. Pētnieku grupās apvienoti pieredzējuši, starptautiski atzīti pētnieki ar talantīgiem jaunajiem zinātniekiem un doktorantiem deva iespēju izstrādāt ievērojamu skaitu maģistra un promocijas darbu.</p> <p>4. Rezultātu tautsaimniecisko nozīmību parādīja tehnoloģiju aprobācija pie tautsaimniecības partneriem, to licenzēšana un jauna uzņēmuma veidošanās.</p> <p>5. Programmas Stratēģiskās vadības padomē iekļauto starptautiski atzīto zinātnieku un Latvijas industrijas pārstāvju rekomendācijas deva vērtīgu informāciju programmas izpildes procesa uzlabošanai.</p>	<p>1. Nepietiekams finansējums visu uzdevumu pilnvērtīgai izpildei, kas pieprasīja līdzfinansējuma piesaisti no industrijas un zinātniskām institūcijām.</p> <p>2. Lielās aizkaves un finansējuma samazinājumi pirmajos trīs posmos.</p>

Iespējas	Draudi
<p>1. Pētnieciskai darbībai bija cieša sasaiste ar Apvāršnis 2020 darba programmām un uzsaukumu tematikām, kas deva iespēju, izmantojot SOPHIS rezultātus, izcīnīt virkni Apvāršnis2020 projektus.</p> <p>2. Divu lielāko atbilstošu jomu universitāšu dalība konsorciņā, deva iespēju piesaistīt uzdevumu izpildei studentus, dot tiem iespēju izstrādāt savus akadēmiskos un kvalifikācijas darbus, kā arī mācību procesā iekļaut jaunākos pētījumu rezultātus.</p> <p>3. Tehnoloģiju aprobācija deva iespēju ieinteresēt industrijas, valsts un pašvaldību organizācijas un slēgt līgumus par tām nepieciešamo līgumpētījumu veikšanu.</p> <p>4. Dalība un partnerība Valsts nozīmes pētniecības centrā (VNPC) „Informācijas, komunikāciju un signālapstrādes tehnoloģiju valsts nozīmes pētniecības centra izveide (IKSA centrs)” ietvaros, deva iespēju SOPHIS izpildē plaši izmantot modernizēto infrastruktūru.</p>	<p>1. Samazinātais finansējums atsevišķos posmos, izsauca darbinieku aiziešanu no izpildes, ko vēlāk nāca kompensēt ar jauniem, mazāk pieredzējušiem darbiniekiem.</p> <p>2. Speciālistu „aizplūšana” uz industrijas uzņēmumiem un ārvalstu pētniecības institūcijām atstāja negatīvu iespaidu</p> <p>4. Maģistrantu un doktorantu ierobežotā pieejamība samazināja konkurenci uz tikšanu darbā SOPHIS.</p>

1.10. Identificēto risku samazināšanas vai novēršanas pasākumi

Galvenās problēmas SOPHIS ieviešanas pirmajos trīs posmos saistījās ar ievērojamu kavēšanos (pieci un septiņi mēneši vēlāk nekā plānotie sākuma datumi pirmajā un otrajā posmā) par līguma parakstīšanu un finansējuma saņemšanu. Tas nozīmēja darba plānu korekciju un daļēji ietekmēja rezultātu savlaicīgu vai pilnvērtīgu sasniegšanu. Turklāt finansējuma samazinājums apmēram 15% no paredzētās summas otrajā posmā un aptuveni 25% no plānotajām summām trešajā posmā radīja nepieciešamību atbrīvot daļu no darbiniekiem, pielāgot citu darba slodzi. Sakarā ar šādu nestabilitāti vairāki darbinieki iesniedza atlūgumus, tostarp doktoranti un jaunie zinātnieki. Tā vietā tika iesaistīti zemāka līmeņa doktoranti, tādēļ daļēji doktora disertācijas nav aizstāvētas, bet tikai priekšizstāvētas SOPHIS izpildes periodā. Daži rezultāti bija jāpublicē konferencēs rakstu krājumos (SCOPUS un Web of Science indeksētas) nevis žurnālos ar SNIP > 1. Bija paredzēts vēl viens PCT pieteikums, pamatojoties uz LV patentu, taču pārpratumu dēļ tika nokavēts iesniegšanas termiņš. Tā vietā ir iesniegti vēl divi citi LV patenta pieteikumi. Zinātnisko institūciju ienākumi no citiem pētniecības projektiem, kas gūti sinerģijā ar SOPHIS rezultātiem, joprojām pieaug, jo izvērtēšanā ir vairāki projektu pieteikumi.

1.11. Programmas kopējais plānotais finansējums (euro) 2 250 000 EUR

1.12. Programmā apgūtais finansējums (euro)

		1. posms	2. posms	3. posms	4. posms
1000–9000*	IZDEVUMI – KOPĀ	429704	533160	480473	806663
1000	Atlīdzība	277274	448148	382711	630511
2000	Preces un pakalpojumi (2100+2200)	73081	62172	60460	128332
2100	Mācību, darba un dienesta komandējumi, dienesta, darba braucieni	31719	17333	15468	32816

2200	Pakalpojumi	53326	53891	43428	93552
5000	Pamatkapitāla veidošana	13574	10715	3769	37505

* Minētie skaitļi ir budžeta finansēšanas klasifikācijas kodi.

Programmas vadītājs _____
(paraksts)

Modris Greitāns
(vārds, uzvārds)

01.2018
(datums)

2. sadaļa – Informācija par programmas projektiem

2.1 Kiberfizikālo sistēmu tehnoloģiju attīstība un to pielietojumi medicīnā un viedā transporta jomā

2.1.1. Projekts Nr. 1

nosaukums

Kiberfizikālo sistēmu tehnoloģiju attīstība un to pielietojumi medicīnā un viedā transporta jomā

projekta vadītājs:

vārds, uzvārds,

zinātniskais grāds

zinātniskā institūcija

Leo Selāvo

PhD, Dr.sc.comp.

Elektronikas un datorzinātņu institūts,
Latvijas Universitāte

amats

Kiberfizikālo sistēmu laboratorijas vadītājs, vadošais
pētnieks,
LU profesors,

kontakti

Tālrunis

67558168

E-pasts

leo.selavo@edi.lv

2.1.2. Projekta Nr. 1 mērķi

Projekta vispārējais mērķis ir attīstīt kiberfizikālo sistēmu (KFS) risinājumus un rīkus, lai padarītu tos pielietojamus un pieejamus plašam lietotāju lokam un sabiedrībai kopumā medicīnas, viedo transporta sistēmu un citu sabiedrībai svarīgu problēmu risināšanā, tādējādi veicinot tautsaimniecībā konkurētspējīgu inovatīvu KFS balstītu produktu izgatavošanu.

KFS apvieno komponentes, kas ir spējīgas savstarpēji komunicēt, apjaust apkārtējo vidi, izvērtēt situāciju, pieņemt lēmumus un (vēlams pozitīvi) ietekmēt fizisko vidi. Sistēmas aspekti paredz saskaņotu un sinerģisku komponentu darbību gan augstā gan zemā līmenī. Šim nolūkam tiek izmantoti sensoru tīkli, iegultās sistēmas, datoru skaitļotāji, komunikāciju sistēmas un kontroles teorija. Lai, saskaņā ar projekta mērķi, attīstītu šīs KFS komponentes, projekts paredz veikt pētniecību, analizēt un pārbaudīt rezultātus un veikspēju gan analītiski, gan empīriski, izstrādājot prototipus un testējot tos reālas pasaules problēmu vidēs.

Īstenojot šo mērķi paredzēts veidot jaunus un konkurētspējīgus risinājumus fizikālās un virtuālās pasaules integrēšanai kiberfizikālās sistēmās attīstot konkurētspējīgas viedo sensoru un to tīklu inovatīvas aparatūras un programmatūras platformas un to lietojumus mūsdienu informācijas, lietu un cilvēku tīmekļa vidē, dodot ieguldījumu tautsaimniecības transformācijā uz produktiem ar augstu pievienoto vērtību un mazinot digitālo plaisu, ļaujot ikdienas lietotājiem ērtāk un efektīvāk lietot kiberfizikālās sistēmas.

Šajā ietvarā, saskaņā ar Valsts pētījumu programmas nolikumā programmai 2.2. "Nākamās paaudzes informācijas un komunikāciju tehnoloģiju sistēmas" izvirzītajiem 1., 3. un 4. uzdevumiem, projektam izvēlēti konkrēti darbības virzieni, kuriem definēti konkrēti mērķi:

1. Atvieglot KFS izgatavošanu, programmēšanu un lietošanu, tādējādi veicinot tautsaimniecībā konkurētspējīgu inovatīvu KFS balstītu produktu izgatavošanu, gan arī atvieglot to ikdienas lietošanu, tādējādi mazinot digitālo plaisu;
2. Uzlabot medicīnas pakalpojumu kvalitāti un sniegšanas ērtību, atļaujot efektīvāku profilaksi, laicīgāku diagnostiku un veiksmīgāku ārstēšanu un rehabilitāciju balstoties uz inovatīviem risinājumiem gan klātienē, gan attālināti telemedicīnā;

3. Uzlabot ceļu satiksmes drošību un transporta līdzekļu izmantošanas ērtumu pielietojot viedo transporta sistēmu tehnoloģijas;

Šo mērķu īstenošanā tika nodrošināta spēcīga saikne starp fizisko pasauli, viedo sensoru savāktajiem datiem, šo datu apstrādi un interpretēšanu, kā arī atgriezeniskās saites sniegšanu atpakaļ fiziskajā pasaulē. Īpaša uzmanība tika pievērsta tautsaimniecības pielietojumu efektivitātes un funkcionalitātes uzlabošanai, drošā un autonomā veidā, kā arī ērtai KFS lietošanai un uz tām balstītu inovatīvu sistēmu ražošanai.

Šī projekta laikā šo mērķu sasniegšanai ir izstrādātas jaunas tehnoloģijas, tās iestrādātas prototipos, kas testēti un validēti, aprobēti un sagatavoti aprobācijai industrijā un vai patentēšanai. Pētniecības rezultāti tika iesniegti publicēšanai, prezentēti starptautiskās konferencēs, kā arī popularizēti plašākai sabiedrībai. Vairāki no projekta rezultātiem ir kalpojuši par pamatu veiksmīgai bakalaura, maģistra un promocijas darbu izstrādei un aizstāvēšanai.

Šī projekta uzdevumi tika noformulēti šādi:

1. Izveidot un eksperimentāli aprobēt viedo sensoru un to tīklu inovatīvas aparatūras un programmatūras platformas kiberfizikālo sistēmu attīstībai, tajā skaitā programmēšanas pieejas kas orientētas arī uz neprofesionālu lietotāju un uz tautsaimniecību;
 - 1.1. Programmatūras platformu attīstība sensoru tīklu un uz tiem balstīto kiberfizikālo sistēmu efektīvai un ērtai programmēšanai gan šādu sistēmu izstrādātājiem un ekspertiem, gan citu nozaru lietotājiem;
 - 1.2. Inovatīva modulāra platforma iegulto sistēmu prototipēšanai, profilēšanai, atklūdošanai un novērtēšanai;
 - 1.3. Bezvadu sensoru tīklu izmēģinājumu, atklūdošanas un novērtēšanas vide ar vairāk kā simts pieslēguma vietām;
2. Izpētīt, izstrādāt un eksperimentāli aprobēt kiberfizikālās sistēmas medicīnas un telemedicīnas lietojumiem profilaksē, diagnostikā, ārstēšanā un rehabilitācijā, kas uzlabotu gan indivīdu gan sabiedrības veselības stāvokli un labklājību.
 - 2.1. Viedā apgērba platformas izveide (aparatūras, arhitektūras un programmatūras) ērti lietojama valkājama sensoru tīklu radīšanai;
 - 2.2. Viedā apgērba platformas pielietojumi telemedicīnā – attālinātā/virtuālā fizioterapija
 - 2.3. Datu reģistrācija un analīze medicīnas kiberfizikālajās sistēmās.
3. Izpētīt un izstrādāt viedo sensoru un to tīklu tehnoloģiju pielietojumus viedās transporta sistēmās, lai nodrošinātu drošu, ekonomisku un ērtu ceļu satiksmes dalībnieku savstarpējo pārvietošanos.
 - 3.1. Autovadītāja personīgais asistents - attēlu apstrādes metožu izpēte vadītāja uzmanības monitoringam un reakcijas pareigošanai, kā arī ērtas atgriezeniskās saites izveidei starp sistēmu un vadītāju;
 - 3.2. Vadītāja redzes loka paplašināšana izstrādājot 3D un 2D attēlu veidošanas un apstrādes metodes apkārtējās vides monitoringam, interpretēšanai un reaģēšanai;
 - 3.3. Vadītāja redzamības nodrošināšana ārpus redzamās gaismas diapazona, izmantojot termālo attēlu iegūšanu, apstrādi un interpretēšanu, grūti pamanāmu objektu detektēšanai diennakts tumšajā laikā;
 - 3.4. Viedo transporta sistēmu komunikācijas metodes sadarbībai gan starp atsevišķiem transporta līdzekļiem, gan starp transporta līdzekļiem un specifisku ceļu infrastruktūru.

2.1.3. . Projekta Nr. 1 izvirzīto uzdevumu izpildes rezultāti

Projekta izvirzīto uzdevumu pētnieciskās aktivitātes un to rezultāti sīkāk izklāstīti zinātniskās atskaites pielikuma dokumentā (1. pielikums). Pilns specifisko skaitlisko

projekta rezultātu saraksts arī ir atrodams šajā dokumentā (1. pielikums, 5. nodaļa).

Atbilstoši šajā projektā izvirzītajiem mērķiem, un šī dokumenta 2.1.2. sadaļā minētajiem konkrētajiem mērķiem, darbs pie to īstenošanas šajā projektā ir sadalīts trīs galvenajās grupās:

1. **TestBed** (1. pielikums, 2. nodaļa) – šī grupa strādā pie KFS izgatavošanas, programmēšanas un lietošanas atvieglošanas mērķa sasniegšanas, attīstot viedo sensoru un to tīklu inovatīvas aparatūras un programmatūras platformas kiberfizikālās sistēmas;
2. **MedWear** (1. pielikums, 3. nodaļa) – šī grupa strādā pie medicīnas pakalpojumu kvalitātes un sniegšanas ērtības uzlabošanas mērķa sasniegšanas, izstrādājot KFS medicīnas un telemedicīnas pielietojumiem un attīstot valkājamo sensoru tīklu tehnoloģijas;
3. **SmartCar** (1. pielikums, 4. nodaļa) – šī grupa strādā pie ceļu satiksmes drošības un transporta līdzekļu izmantošanas ērtuma uzlabošanas mērķa sasniegšanas, attīstot viedo sensoru pielietojumus viedajās transporta sistēmās, kā arī veidojot un testējot progresīvas auto vadītāja atbalsta sistēmas (ADAS);

Katrā no šīm grupām projekta plānotie mērķi un uzdevumi ir sasniegti, kā aprakstīts zemāk esošajā tabulā un 1. pielikumā, 5. nodaļā, izvēloties konkrētus uzdevumus, katrā no minētajām sadaļām un koncentrējoties uz to izpildi, tādējādi efektīvi pielietojot projekta limitētos resursus šo mērķu sasniegšanai.

Zemāk īsumā aprakstīti sasniegtie rezultāti katrā no šīm grupām, kā arī šo rezultātu zinātniskā un praktiskā nozīmība, lietojums, un turpmākās risināmās problēmas:

1. **TestBed:** Uzlabots un sagatavots aprobācijai bezvadu sensoru testgultnes adaptera prototips, tika izstrādāts mobils testgultnes adaptera prototips un tika izstrādāta pilnas testgultnes koncepcija un tās prototips kura iekārtu un programmatūras kopums tika aprobēts. Tika analizēta un industrijā aprobēta sistēmas lietošanas ērtība, stabilitāte un precizitāte, tika publicēti pētniecības rezultāti. Tāpat rezultāti tika izplatīti caur studentu mācību gala darbiem, uzlabotiem kursiem, prezentācijām starptautiskās konferencēs un dažādās vispārīgās popularizācijas darbībās. Papildus tam projekta rezultāti ļāvuši veidot sinerģiju ar citiem projektiem. *Rezultātu zinātniskā nozīmība:* Izstrādātas jauna veida tehnoloģijas sensoru tīklu testēšanas un izstrādes jomās, kas papildus arī veicina turpmāku zinātnisku sasniegumu veikšanu šajā jomā atvieglojot inovatīvu sensoru tīklu izstrādi un testēšanu mērķa vidē, un publicēti nozīmīgākie rezultāti.
2. **MedWear:** Izstrādātas vairākas valkājamas sensoru sistēmas, datu apstrādes metodes un tika attīstīti un aprobēti iekārtu un programmatūras prototipi. Rezultāti ir analizēti, lai uzlabotu to pielietošanas ērtumu un demonstrēti vairākos atšķirīgos pielietojumos. Rezultāti ir publicēti, kā arī izplatīti caur studentu mācību gala darbiem, prezentācijām starptautiskās konferencēs un dažādās vispārīgās popularizācijas nodarbībās. Papildus tam projekta rezultāti ļāvuši veidot sinerģiju ar citiem projektiem, kā arī kalpojuši par pamatu jaunam uzņēmumam (spin-off). *Rezultātu zinātniskā nozīmība:* Izstrādātas jauna veida medicīnas datu ieguves metodes un iekārtas uz kuru bāzes var veidot jaunus medicīniska rakstura pētījumus, kā arī publicēti nozīmīgākie rezultāti.
3. **SmartCar:** Izveidots pašbraucošā kooperatīvā auto eksperimentālais makets un atbilstošās programmatūras komplekts, kā arī aprobēts šīs sistēmas prototips starptautiskā kooperatīvās braukšanas izaicinājumā (GCDC). Ātrākai kooperatīvās

braukšanas algoritmu izstrādei izstrādāta speciāla modulāra miniatūrā pašbraukšanas auto trase. Papildus izstrādātas un attīstītas vairākas datu ieguves un analīzes metodes (piemēram stereoredze, Lidar, sejas atpazīšana, līniju atpazīšana u.c.) t.sk. dziļās mašīnmācīšanās metodes ceļu satiksmes drošības uzlabošanai izmantojot ADAS sistēmas, labāku datu ieguvi, lēmumu pieņemšanu un simulācijas. Sasniegtie rezultāti ir publicēti, kā arī izplatīti caur studentu mācību gala darbiem, prezentācijām starptautiskās konferencēs un dažādās vispārīgās popularizācijas nodarbībās. Papildus tam projekta rezultāti ļāvuši veidot sinerģiju ar citiem projektiem. *Rezultātu zinātniskā nozīmība:* Izstrādāta un aprobēta kooperatīvās braukšanas sistēma un saistītie algoritmi, kas pielietojami ITS jomā, un rezultāti iesniegti publicēšanai zinātniskā publikācijā.

Projekta gaitā sasniegtie rezultāti tika sadalīti noteiktās aktivitātēs – plānoto rezultātu pārskats un sasniegtie rezultāti katrā no aktivitātēm redzami zemāk:

Nr. p.k.	Projekta aktivitāte	Apraksts	Rezultāts	Plānotais skaits/ Mērvienība	Sasniegtais Visas atsauces uz rezultātiem formā [Result] ar papildinošu informāciju ir atrodamas Zinātniskajā atskaitē (Pielikums 1, Nodaļa 5)
A1.	Pētniecība				
A1.1	Pētījumi viedo sensoru un to tīklu sistēmu izstrādē	Bezvadu sensoru tīklu aparatūras un programmatūras risinājumi, kas balstīti uz iepriekšējo iestrāžu (MansOS, SEAL, Testbed, EDIMote) bāzes	Programmatūra Metodikas, apraksti Izstrādāti eksperimentālie maketi	1 kompl. 0 gab. 2 gab. 0 gab.	2 komplekti programmatūras prototipu: <ul style="list-style-type: none"> • TestBed adaptera pārvaldības atbalsta programmatūras komplekts [Result A.4.1.3]; • TestBed lietotāja saskarnes un izstrādes rīku komplekts [Result A.4.1.5] 1 TestBed arhitektūras koncepcijas apraksts [Result B.4.2.1]. 3 izstrādāti iekārtu prototipi: <ul style="list-style-type: none"> • TestBed adaptera prototips [Result A.4.3.1]; • TestBed sistēmas prototips [Result A.4.3.4]; • Mobilā TestBed adaptera prototips [Result A.4.3.9]. 2 starptautiski projekti sinerģijā: <ul style="list-style-type: none"> • H2020 projekts ENACT [Result A.4.4.5]; • EU FP7 ARTEMIS projekts DEWI [Result A.4.4.8].
A1.2	Pētījumi kiberfizikālo sistēmu izstrādē medicīnas un telemedicīnas pielietojumiem	Telemedicīnas aparatūras un programmatūras risinājumi, kas balstīti uz iepriekšējo iestrāžu bāzes	Programmatūra Izstrādāti eksperimentālie maketi	1 kompl. 2 gab.	2 komplekti programmatūras prototipu: <ul style="list-style-type: none"> • Galvas pozīcijas uzraudzības mobilā aplikācija [Result A.4.1.1]; • Ceļa locītavas uzraudzības mobilā aplikācija [Result A.4.1.2]. 6 izstrādāti iekārtu prototipi: <ul style="list-style-type: none"> • Galvas pozīcijas sensora prototips [Result A.4.3.2]; • Ceļa locītavas sensora prototips [Result A.4.3.3];

					<ul style="list-style-type: none"> • Ķermeņa un galvas uzraudzības sistēmas prototips [Result A.4.3.5]; • Prototips EKG datu ieguvei [Result A.4.3.6]; • Galvas apsēja prototips datora vadībai [Result A.4.3.7]; • Prototips 12 nolašu EKG datu ieguvei un atgriezeniskās saites nodrošināšanai [Result A.4.3.11].
			Iesaiste starptautiskos projektos	0 gab.	2 starptautiski projekti sinerģijā: <ul style="list-style-type: none"> • Norway grants HIPAC projekts [Result A.4.4.2]; • ERA-NET projekts CONVERGENCE [Result A.4.4.4].
A1.3	Pētījumi viedo transporta sistēmu izstrādē	Viedo transporta sistēmu aparatūras un programmatūras risinājumi, kas balstīti uz iepriekšējo iestāžu (Carmote, GCDC) bāzes	Programmatūra Izstrādāti eksperimentālie maketi	1 kompl. 2 gab.	1 komplekts programmatūras prototipa autonomās kooperatīvās braukšanas platformas aprobācijai GCDC. 2 izstrādāti iekārtu prototipi: <ul style="list-style-type: none"> • Prototips automātiskai kooperatīvai pašbraucošai automašīnai [Result A.4.3.8]; • Prototips miniatūrai kooperatīvu auto infrastruktūrai [Result A.4.3.10].
			Iesaiste starptautiskos projektos	0 gab.	4 starptautiski projekti sinerģijā: <ul style="list-style-type: none"> • H2020 ECSEL projekts 3CCar [Result A.4.4.1]; • H2020 ECSEL projekts Autodrive [Result A.4.4.3]; • H2020 ECSEL projekts PRYSTINE [Result A.4.4.6]; • H2020 ECSEL projekts I_MECH [Result A.4.4.7].
A2.	Tehnoloģiju aprobācija un pārnese				
A2.1	Maketu un programmatūru aprobācija				
A2.1.1	Viedo sensoru un tīklu tehnoloģijas maketierīču un programmatūras aprobācija	viedo sensoru un tīklu tehnoloģijas aparatūras un programmatūras prototipa aprobācija	Aprobēts prototips	1 gab.	3 aprobācijas uzņēmumos: <ul style="list-style-type: none"> • TestBed aprobācija SIA “19 points” [Result C.3.3]; • Mobilā TestBed aprobācija Dobeles Dārzkopības Institutā [Result C.3.5]; • Mobilā un stacionārā TestBed aprobācija Latvijas Universitātē [Result C.3.6].
A2.1.2	Medicīnas un telemedicīnas maketierīču un programmatūras aprobācija	Telemedicīnas un medicīnas sistēmas aparatūras un programmatūras prototipa aprobācija	Aprobēts prototips	1 gab.	3 aprobācijas uzņēmumos: <ul style="list-style-type: none"> • Aprobācija SIA EuroLCDs [Result C.3.1]; • Aprobācija rehabilitācijas centrā “Mēs esam līdzās”

					[Result C.3.4]; <ul style="list-style-type: none"> Aprobācija “Wide.Tech” [Result C.3.7].
A2.1.3	Inteliģentās transporta sistēmas aparatūras un programmatūras aprobācija	Viedās transporta sistēmas aparatūras un programmatūras prototipa aprobācija	Aprobēts prototips	1 gab.	1 aprobācija uzņēmumiem GCDC sacensībās [Result C.3.2].
A2.2	Tehnoloģiju pārnese	Patentētas un komercializētas izstrādātās tehnoloģijas	Patenti	2 gab.	2 Latvijas patenta pieteikumi: <ul style="list-style-type: none"> “Mobila ierīce bezvadu sensoru tīklu un to mezglu efektīvai izstrādei mērķa vidē”, [Result C.2.1.1]; “Metode antenas virziendarbības nodrošināšanai, izmantojot tikai spiesto plašu celiņus ar pielāgotu garumu”, [Result C.2.1.2].
			Licenses līgums	1 gab.	1 licences līgums ar Latvijas Universitāti par TestBed sistēmas izmantošanu [Result C.4.1].
			Izveidots jauns uzņēmums	1 gab.	1 jauns (spin-off) uzņēmums Hack-motion kā līdzdibinātājs ir pētnieks šajā projektā [Result C.5.1].
A3.	Izglītība				
A3.1	Rezultātu izmantošana studijuursos	Projekta rezultātu un tā laikā gūto zināšanu izmantošana studiju kursu satura veidošanā	Studiju kursi, kuru saturā izmantoti projekta rezultāti	4 gab.	4 projekta rezultātā uzlaboti mācību kursi: <ul style="list-style-type: none"> Ievads digitālajā projektēšanā, Latvijas Universitāte [Result A.3.1]; Operētājsistēmu koncepcijas, Latvijas Universitāte [Result A.3.2]; Specseminārs: Kiberfizikālās sistēmas, Latvijas Universitāte [Result A.3.3]; Bezvadu sensoru tīkli, Latvijas Universitāte [Result A.3.4].
A3.2	Promocijas un maģistru darbu izstrāde				
A3.2.1	Maģistra darbu izstrāde	Ar projekta daļēju atbalstu veikta maģistra darbu izstrāde	Izstrādāti maģistra darbi	6 gab.	7 izstrādāti maģistra darbi: <ul style="list-style-type: none"> Armands Ancāns [Result A.2.2.1]; Maksis Celitāns [Result A.2.2.2]; Rihards Novickis [Result A.2.2.3]; Aleksandrs Skripko [Result A.2.2.4]; Nauris Dorbe [Result A.2.2.5]; Emil Syundyukov [Result A.2.2.6]; Reinis Ozoliņš [Result A.2.2.7].
A3.2.2	Promocijas darbu	Ar projekta daļēju	Izstrādāti	6 gab.	9 izstrādāti promocijas darbi*:

	izstrāde	atbalstu promocijas izstrāde	veikta darbu	promocijas darbi	<ul style="list-style-type: none"> • Atis Hermanis [Result A.2.1.1]; • Krisjanis Nesenbergs [Result A.2.1.2]; • Mihails Pudžs [Result A.2.1.3]; • Ingars Ribners [Result A.2.1.4]; • Jānis Judvaitis [Result A.2.1.5]; • Rihards Balašs [Result A.2.1.6]; • Emil Syundyukov [Result A.2.1.7]; • Rihards Fuksis [Result A.2.1.8]; • Rinalds Ruskuls [Result A.2.1.9]. <p>* Ņemot vērā doktorantūras proporcionālo ilgumu pret projekta garumu ir augsts risks, ka projekta laikā nomainās darbinieks kurš strādā pie disertācijas pirms tās aizstāvēšanas. Tā kā ne vienmēr iespējams atrast aizvietotāju ar līdzīgu paveiktā apjomu pie disertācijas, tad personāla izmaiņu gadījumā projekta laikā ne visas izstrādātās disertācijas ir pabeigtas un aizstāvētas. Šī riska mazināšanai tika uzsākts darbs pie vairāk disertācijām kā plānots, kā arī projekta laikā izstrādāts un aizstāvēts liels skaits bakalaura darbu.</p> <p>8 izstrādāti bakalaura darbi:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Emil Syundyukov [Result A.2.3.1]; • Voldemārs Smelēns [Result A.2.3.2]; • Mārtiņš Skudra [Result A.2.3.3]; • Henrijs Smelēns [Result A.2.3.4]; • Arnis Salmiņš [Result A.2.3.5]; • Niklāvs Barkovskis [Result A.2.3.6]; • Artis Rozentāls [Result A.2.3.7]; • Jānis Ārents [Result A.2.3.8].
A4.	Publicitāte un ilgtermiņa tehnoloģiskā prognozēšana				
A4.1	Ziņojumi konferencēs	Par projekta rezultātiem prezentēts starptautiskās konferencēs	Prezentācijas	19 gab.	21 prezentācija starptautiskās konferencēs: <ul style="list-style-type: none"> • EUSIPCO 2014 [Result B.1.1.1]; • KTI ARTEMIS “Brokerage

			un raksti 19 gab. konferenču rakstu krājumos	<ul style="list-style-type: none"> event 2015” [Result B.1.1.2]; • 73rd conference of University of Latvia [Result B.1.1.3]; • ARTEMIS Co-Summit 2015 [Result B.1.1.4]; • CPSWEEK Microsoft Indoor Localization [Result B.1.1.5]; • IPSN 2015 [Result B.1.1.6]; • IPSN 2015 [Result B.1.1.7]; • 4th Baltic and North Sea Conference on Physical and Rehabilitation Medicine” [Result B.1.1.8]; • EWSN [Result B.1.1.9]; • RSU ISC 2016 [Result B.1.1.10]; • RTUWO 2016 [Result B.1.1.11]; • KTI ARTEMIS “Brokerage event 2017” [Result B.1.1.12]; • EWSN 2017 [Result B.1.1.13]; • EBCCSP 2017 [Result B.1.1.14]; • Erlang user conference [Result B.1.1.15]; • ICMV 2017 [Result B.1.1.16]; • ICMV 2017 [Result B.1.1.17]; • TELFOR 2017 [Result B.1.1.18]; • TELFOR 2017 [Result B.1.1.19]; • ICSPS 2017 [Result B.1.1.20]; • ICTA 2017 [Result B.1.1.21]. <p>21 zinātniski raksti indeksēti SCOPUS vai Web of Science:</p> <ul style="list-style-type: none"> • “RGB-D-T based Face Recognition” [Result A.1.2.1]; • “Development of 802.11p Testbed – Experiences” [Result A.1.2.2]; • “Shape sensing based on acceleration and magnetic sensor system” [Result A.1.2.3]; • “Face recognition system on Raspberry Pi” [Result A.1.2.4]; • “Smart textiles for wearable sensor networks: review and early lessons” [Result A.1.2.5]; • “Complex matched filter for line detection” [Result A.1.2.6]; • “Wearable sensor grid architecture for body posture and surface detection and rehabilitation” [Result A.1.2.7];
--	--	--	---	--

					<ul style="list-style-type: none"> • “A Realistic Evaluation and Comparison of Indoor Location Technologies: Experiences and Lessons Learned” [Result A.1.2.8]; • “EDI WSN TestBed: Multifunctional, 3D Wireless Sensor Network Testbed” [Result A.1.2.9]; • “Network Data Traffic Management Inside a TestBed” [Result A.1.2.10]; • ** “Inertial sensors and muscle electrical signals in human-computer interaction” [Result A.1.2.11]; • ** “Mobile wireless sensor network TestBed” [Result A.1.2.12]; • ** “Power Consumption Measurement of Tested Units in the WSN TestBed” [Result A.1.2.13]; • ** “On improving gait analysis data: heel induced force plate noise removal and cut-off frequency selection for Butterworth filter” [Result A.1.2.14]; • ** “Prospects of improving the selfdriving car development pipeline: transfer of algorithms from virtual to physical environment” [Result A.1.2.15]; • ** “Using virtual environment for autonomous vehicle algorithm validation” [Result A.1.2.16]; • “Amplitude Adaptive ASDM circuit” [Result A.1.2.17]; • *** “Knee Joint Dynamics Monitoring Using Wearable Sensor Network and Mobile Software During Rehabilitation” [Result A.1.2.18]; • **** “Scalable in-door positioning system for cooperative MicroIV algorithm development” [Result A.1.2.19]; • **** “Human skin as n-th order passive filter” [Result A.1.2.20]; • **** “Smart textiles: efficient data collection grid architecture” [Result A.1.2.21].
--	--	--	--	--	--

					<p>** Šīs publikācijas ir pieņemtas publicēšanai tomēr vēl gaida savu kārtu indeksēšanai.</p> <p>*** Šīs publikācijas ir iesniegtas publicēšanai.</p> <p>**** Šīs publikācijas ir sagatavotas publicēšanai, bet vēl nav iesniegtas.</p>
A4.2	Zinātniskās publikācijas	Par projekta rezultātiem publicēti recenzētos zinātniskos žurnālos	Raksti	3. gab.	<p>4 žurnālu publikācijas augstas citējamības žurnālos (SNIP>1):</p> <ul style="list-style-type: none"> • “Acceleration and Magnetic Sensor Network for Shape Sensing” [Result A.1.1.1]; • “Architecture of smart clothing for standardized wearable sensor systems” [Result A.1.1.2]; • “Improved RGB-DT based face recognition” [Result A.1.1.3]; • ***** “DIY Car Control System for Cooperative Driving” [Result A.1.1.4]. <p>***** This article has been submitted for publication and awaiting final acceptance notification.</p>
A4.3	Pētījumu rezultātu popularizēšana	Projekta zinātniskie sasniegumi publicēti ikgadējos semināros, kuru mērķauditorija būs nozares speciālisti un izglītojamie. Plašākai auditorijai adresēta informācija par projekta zinātniskajiem sasniegumiem tiks publicēta populārzinātniskos rakstos un projekta Tīmekļa resursā	Dalība izstādēs Sarīkoti semināri	2 gab. 4 gab.	<p>6 izstādes kurās prezentēti projekta rezultāti:</p> <ul style="list-style-type: none"> • MINOX 2014 [Result B.1.5.1]; • Skola 2015 [Result B.1.5.2]; • RIGA COMM 2016 [Result B.1.5.3]; • ROBOTEX 2016 [Result B.1.5.4]; • Baltic Textile 2017 [Result B.1.5.5]; • RIGA COMM 2017 [Result B.1.5.6]. <p>6 organizēti semināri:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 2015-07-09 [Result B.1.3.1]; • (¼) 2015-10-07 [Result B.1.3.2]; • 2016-03-16 [Result B.1.3.3]; • (¼) 2016-03-30 [Result B.1.3.4]; • 2016-11-23 [Result B.1.3.5]; • (¼) 2016-12-07 [Result B.1.3.6]; • 2017-08-01 [Result B.1.3.7]; • 2017-11-30 [Result B.1.3.8]; • (¼) 2017-12-05 [Result B.1.3.9]. <p>(¼) Daži no semināriem ieskaitīti kā 0.25 jo tie organizēti kopīgi ar pārējiem 3 programmas SOPHIS projektiem.</p>
			Prezentācijas	0 gab.	4 prezentācijas starptautiskos semināros:

			starptautiskos semināros		<ul style="list-style-type: none"> • Gap Summit 2016 [Result B.1.2.1]; • GCDC developer seminar [Result B.1.2.2]; • IAA Cars 2017 and Udacity Seminar [Result B.1.2.3]; • ICT Proposers' Day 2017 [Result B.1.2.4].
			Populār-zinātniski raksti	4 gab.	35 populārzinātniskas publikācijas masu medijos (avīzēs, portālos, radio, televīzijā) – pilns saraksts Pielikumā 1, Nodaļā 5, apakšnodaļā B.1.4 – atzīmēti ar simbolu [P].
			Citi popularizēšanas pasākumi	10 gab.	33 citi popularizēšanas pasākumi un prezentācijas – pilns saraksts Pielikumā 1, Nodaļā 5, apakšnodaļā B.1.4 – visi ieraksti izņemot publikācijas, kas atzīmētas ar [P].
A4.4	Virziena attīstības tehnoloģiskā prognozēšana	Projekta virziena tehnoloģiskās attīstības prognozēšana sekojot līdzi nozares attīstībai.	Prognoze kiberfizikālo sistēmu virziena attīstībai	1 prognoze	1 Tehnoloģiskā prognoze kiberfizikālo sistēmu nākotnes attīstībai [Result B.3.1].

2.1.4 Tālākā pētniecība un rezultātu praktiskie rezultāti

Nākotnē plānotās pētniecības aktivitātes un iespējas rezultātu izmantošanai katrā no grupām aprakstītas zemāk:

TestBed:

Turpmākā darba virzieni un risināmās problēmas: Nākotnes projektors testgultnes infrastruktūru būtu jāatjaunina ar vēl precīzākām strāvas mērīšanas iespējām, lai nodrošinātu iespēju precīzāk nomērīt zema energopatēriņa iekārtu darbu miega režīmā, tādējādi ļaujot labāk analizēt to darbību un nepieciešamo bateriju apjomu. Papildus tam būtu jāuzlabo testgultnes pārvaldības lietotāja saskarne atbilstoši aprobācijā gūtajiem ieteikumiem, tādējādi atvieglojot tās lietošanu gala lietotājiem, padarot bezvadu sensoru tīklu programmēšanu un testēšanu vēl vienkāršāku.

Rezultātu praktiskā nozīmība un lietojumi: Sasniegtais veicina zinātņietilpīgu, uz sensoru tīkliem balstītu tehnoloģiju ātrāku ieviešanu tirgū, paātrinot to izstrādes ciklu un atvieglojot testēšanu. Mērķauditorija ir uzņēmumi, kas izstrādā sensoru tīklu risinājumus, un var izmantot šo infrastruktūru savu produktu testēšanai un izstrādei.

MedWear:

Turpmākā darba virzieni un risināmās problēmas: izstrādātās tehnoloģijas nākotnē tiks pārnestas uz lokaniem substrātiem lai uzlabotu to lietošanas ērtumu. Papildus tam, noritēs darbs pie vēl vairāk dažādāku sensoru pievienošanas izstrādātajai arhitektūrai, liekot pamatus vēl sarežģītākai datu analīzei un atgriezeniskajai saitei. Tiks padziļināti pētīti pielietojumi telemedicinā.

Rezultātu praktiskā nozīmība un lietojumi: Valkājamās sensoru platformas sniedz ieguldījumu rehabilitācijas nozarē un telemedicinā samazinot laiku, ko pacients pavada ceļā pie speciālista un ietaupot speciālista laiku, kas veltīt pacienta monitorēšanai, ļaujot vienam speciālistam kvalitatīvi apkalpot vairāk pacientus, tajā pašā laikā arī uzlabojot pakalpojuma kvalitāti

iegūstot regulārus mērījumus uz kā balstīt ārstēšanu un sniedzot atgriezenisko saiti pacientam. Potenciālie ekspluatācijas kanāli ir medicīnas un rehabilitācijas iestādes, kā arī uzņēmumi, kas ražo medicīnas iekārtas.

SmartCar:

Turpmākā darba virzieni un risināmās problēmas: Nākotnē miniatūrā kooperatīvās braukšanas testa trase ir jāuzlabo un jāatver plašākas auditorijas lietojumiem, vai nu kā pakalpojums, vai kā nopērkams standartizēts komplekts, vai arī kā pašbraucošo auto programmēšanas sacensības. Vairāk un padziļinātāk tiks pētītas tādas tehnoloģijas, kā vadītāja uzraudzība, vadītāja maņu paplašināšana un V2V/V2X komunikācija koordinētai ceļa plānošanai. Nākotnes pētījumu vajadzībām tiks izstrādāta testa trase ar viedo ceļa infrastruktūru.

Rezultātu praktiskā nozīmība un lietojumi: Viedais transporta līdzeklis būs ērtāks lietošanā, kā arī drošāks, jo var uztvert vairāk datus un īsākā laikā nekā tā vadītājs, ļaujot pieņemt efektīvākus un drošākus braukšanas lēmumus. Izveidotās tehnoloģijas var novērst negadījumus uz ceļa, gan ārēju apstākļu izraisītus, gan arī tādus, kuri radušies vadītāja noguruma vai miegainības dēļ. Izveidotā viedā auto testa platforma un miniatūrā testa trase ļaus testēt un validēt izstrādātās tehnoloģijas un izstrādāt kompleksus inteligēnto transporta sistēmu lēmumu pieņemšanas algoritmus izmantojot izstrādes plūsmu no tīrām simulācijām, caur testiem minatūrajā trasē līdz pat pilna izmēra pašbraucošo auto testiem.

Visi šie rezultāti nodrošinās spēcīgāku saikni starp fizisko pasauli, viedo sensoru iegūtajiem datiem, šo datu apstrādi un interpretāciju, kā arī sniegs reāla laika atgriezenisko saiti fiziskajai pasaulei, un tā rezultātā ļaus vieglāk izstrādāt KFS un tās gan pielietot, gan radīt uz tām balstītas tehnoloģiju inovācijas, tādējādi samazinot digitālo plaisu. Īpaša uzmanība jāpievērš ekonomikas efektivitātes un funkcionalitātes palielināšanai drošā un autonomā veidā, piemēram, ar darbu pie inovatīvām bio-medicīnas sistēmām ir iespējams panākt laicīgāku diagnostiku, efektīvāku profilaksi un veiksmīgāku rehabilitāciju un ārstēšanu, gan klātienē, gan attālināti, savukārt darbs pie inteligēntām transporta sistēmām uzlabos satiksmes drošību un transporta lietošanas ērtumu.

2.1.5. Izplatīšanas un informēšanas aktivitātes

Pilns saraksts ar šīm aktivitātēm atrodams Pielikumā 1, Nodaļā 5.

2.1.6. Projekta Nr. 1 apgūtais finansējums (euro)

		Plānots 2014.– 2017. g.	1. posms	2. posms	3. posms	4. posms	kopā
1000– 9000*	IZDEVUMI – KOPĀ	434830	84889.	110678	95060	174170	464797**
1000	Atbildība	260040	61251	87324	80120	146719	375414
2000	Preces un pakalpojumi (2100+2200)	60487	22187	4832	14940	27451	69410
2100	Mācību, darba un dienesta komandējumi, dienesta, darba braucieni	24150	13994	9115	4000	8941	36050
2200	Pakalpojumi	36322	8192	9405	10940	18510	47048
5000	Pamatkapitāla veidošana	0	1450	0	0		1450

* *Minētie skaitļi ir budžeta finansēšanas klasifikācijas kodi.*

** Daļa no Projekta Nr. 3 Biometrijas uzdevumiem tika pārnesti un izpildīti Projekta Nr.1 ietvaros. Uzdevumu finansējums tika pārņemts uz Projekta Nr.1 sadaļu.

2.1.7 Projekta Nr. 1 rezultatīvie rādītāji

Rezultatīvais rādītājs	Rezultāti					
	plānots	sasniegts				
	2014.– 2017. g.	kopā	1.posms	2.posms	3.posms	4.posms
A. Zinātniskie rezultatīvie rādītāji						
1. Zinātnisko publikāciju skaits:	22	25	4	6	2	13
1.1. oriģinālo zinātnisko rakstu (SCOPUS) (SNIP > 1) skaits	3	4	0	1	1	2*
1.2. Oriģinālo zinātnisko rakstu IEEEExplore, ACM DL, SCOPUS, Web of science datubāzēs iekļautajos izdevumos skaits	19	21**	4	5	1	10.5**
1.3. recenzētu zinātnisku monogrāfiju skaits	0	0	0	0	0	0
1.4 Citu oriģinālo zinātnisko rakstu skaits	0	0	0	0	0	0
2. Programmas ietvaros aizstāvēto darbu skaits:						
2.1. promocijas darbu skaits	6	9***	0	0	1	8***
2.2. maģistra darbu skaits	7	7	0	0	3	4
2.3. bakalaura darbu skaits	0	8	1	0	4	3
3. Uzlaboto studiju kursu skaits	4	4	1	1	1	1
4. Pētniecība						
4.1 programmatūras prototipi	3	5	2	1	1	1
4.2 Metodikas apraksti	0	1	1	0	0	0
4.3 Maketi, prototipi, tehnoloģijas	6	11	3	3	2	3
4.4 iesaiste starptautiskajos projektos	0	8	1	1	0	6
B. Programmas popularizēšanas rezultatīvie rādītāji						
1. Programmas gaitas un rezultātu popularizēšanas interaktīvie pasākumi, kuru mērķu grupās iekļauti arī izglītojamie, skaits:						
1.1. Prezentācijas starptautiskās konferencēs	17	21	7	3	1	10
1.2. Prezentācijas starptautiskos semināros	0	3	0	0	1	2
1.3. rīkoti semināri	4	6	1.25	1.25	1.25	2.25
1.4. Popularizēšanas pasākumi (t.sk. publikācijas masu mēdijos)	10 (4)	68 (35)	2 (2)	25 (9)	21 (13)	20 (11)
1.5. izstādes	2	6	2	0	2	2
1.6. rīkotas starptautiskas konferences	0	0	0	0	0	0
2. Preses relīzes	0	13	0	6	5	2
3. Ilgtermiņa tehnoloģiskā prognoze programmas ietvaros attīstītajiem zinātniskajiem un tehnoloģiskajiem virzieniem	1	1	0	0	0	1
C. Tautsaimnieciskie rezultatīvie rādītāji						
1. Zinātniskajai institūcijai programmas ietvaros piesaistītā						

privātā finansējuma apjoms, t. sk.:						
1.1. privātā sektora līdzfinansējums programmā iekļauto projektu īstenošanai (EUR)						
1.2. ieņēmumi no programmas ietvaros radītā intelektuālā īpašuma komercializēšanas (rūpnieciskā īpašuma tiesību atsavināšana, licencēšana, izņēmuma tiesību vai lietošanas tiesību piešķiršana par atlīdzību) (EUR)						
1.3. ieņēmumi no līgumdarbiem, kas balstās uz programmas ietvaros radītajiem rezultātiem un zinātnības (EUR)	95000	96782.40	7865	35743.40	35000	18174
1.4 Zinātnisko institūciju līdzfinansējums no pašu līdzekļiem programmas izpildei (EUR)	172000	177146	5639	45126	57 279	69102
2. Programmas ietvaros pieteikto, reģistrēto un spēkā uzturēto patentu vai augu šķirņu skaits:						
2.1. Latvijas teritorijā	2	2****	0	0	0	2****
2.2. ārpus Latvijas	0	0	0	0	0	0
3. Programmas ietvaros izstrādāto jauno tehnoloģiju, metožu, prototipu vai pakalpojumu skaits, kas aprobēti uzņēmumos	3	7	0	1	1	5
4. Ieviešanai nodoto jauno tehnoloģiju, metožu, prototipu, produktu vai pakalpojumu skaits (noslēgtie līgumi par intelektuālā īpašuma nodošanu)	1	1	0	0	0	1
5. Izveidots jauns (spin-off) uzņēmums	1	1*****	0	0	0	1*****
6. Zinātnisko institūciju ieņēmumi no sinerģiskiem pētniecības projektiem (EUR)	0	1886753	0	108702.96	227529	1550521.04

* No šiem viens ir iesniegts un vēl gaida gala izvērtējumu.

** No šiem viens ir ieskaitīts kā 0.5 jo veidots sadarbībā ar 4. Projektu, seši ir pieņemti publicēšanai un prezentēti bet vēl gaida uz indeksāciju, viens ir iesniegts un gaida gala izvērtējumu un trīs ir sagatavoti iesniegšanai konkrētos rakstu krājumos tiklīdz tiks izsludināta rakstu pieņemšana tajos.

*** Ņemot vērā doktorantūras proporcionālo ilgumu pret projekta garumu ir augsts risks, ka projekta laikā nomainās darbinieks kurš strādā pie disertācijas pirms tās aizstāvēšanas. Tā kā ne vienmēr iespējams atrast aizvietotāju ar līdzīgu paveiktā apjomu pie disertācijas, tad personāla izmaiņu gadījumā projekta laikā ne visas izstrādātās disertācijas ir pabeigtas un aizstāvētas. Šī riska mazināšanai tika uzsākts darbs pie vairāk disertācijām kā plānots, kā arī projekta laikā izstrādāts un aizstāvēts liels skaits bakalaura darbu. No šiem astoņiem divi ir priekšizstāvēti, četri ir izstrādes gaitā un tiks iesniegti pēc projekta beigām un divu izstrāde ir apstājusies, jo šie darbinieki ir aizgājuši uz citu darba vietu.

**** Patentu pieteikumi ir iesniegti un gaida pilno izvērtējumu.

***** Uzņēmumu Hack-motion ir līdzdibinājis projekta pētnieks, kura tehniskā zinātība, kas iegūta projekta laikā ļauj viņam veiksmīgi darboties kā šī uzņēmuma CTO. Konkrētu projektā izstrādāto tehnoloģiju licencēšana vēl tiek apspriesta.

Projekta Nr. 1 vadītājs p.i.

(paraksts¹)

K.Nesenbergs

(vārds, uzvārds)

01.2018.g.

(datums¹)

2.2. Uz ontoloģijām balstītas tīmekļa videi pielāgotas zināšanu inženierijas tehnoloģijas

2.2.1. Projekts Nr. 2
nosaukums

Uz ontoloģijām balstītas tīmekļa videi pielāgotas zināšanu inženierijas tehnoloģijas

projekta vadītājs:
vārds, uzvārds,
zinātniskais grāds
zinātniskā institūcija
amats
kontakti

Jānis Bārzdiņš

Dr.habil.sc.comp

LUMII

Vadošais pētnieks

<i>Tālrunis</i>	67224363
-----------------	----------

<i>E-pasts</i>	Janis.Barzdins@lumii.lv
----------------	-------------------------

2.2.2. Projekta Nr. 2 mērķi

(Norāda projekta mērķi (saskaņā ar apstiprināto projekta pieteikumu un līgumu) un informāciju par mērķa sasniegšanu/izpildi)

Attīstīt zinātnisko kompetenci nākamās paaudzes IKT sistēmu jomā, izpētot un tālāk attīstot konkurētspējīgas uz modeļiem balstītas jaunās informācijas un komunikācijas tehnoloģijas, to lietojumus mūsdienu tīmekļa vidē.
--

Pārnest radītās zināšanas un tehnoloģijas uz konkrētām Latvijas tautsaimniecības nozarēm, izstrādājot un aprobējot jaunas konkurētspējīgas IKT metodes un rīkus, kā arī ieviešot tās nozares augstākās izglītības studiju procesā

2.2.3. Projekta Nr. 2 uzdevumi

(Norāda projekta pārskata periodā plānotās darbības un galvenos rezultātus. Kopējais saturiskais izklāsts nepārsniedz divas A4 lapas)

Nr. p.k.	Projekta aktivitāte	Apraksts	Rezultāts	Plānotais skaits/ Mērvienība	Sasniegtais
A1	Pētniecība				
A1.1	Uz ontoloģijām balstītu datu apstrādes drošības un pieejamības modelēšanas metožu izstrāde	Izstrādātas uz ontoloģijām balstītas zināšanu pieejas tiesību modelēšanas metodes, kas zināšanu apstrādes rīkos ļaus nodrošināt konkrētam lietotājam piekļuvi tikai tiem datiem, uz kuriem viņam ir tiesības.	Metodika	1 gab.	Izstrādāta metodika, kas aprakstīta zinātniskajā pārskatā 3. posma atskaitei 2. pielikumā, nodaļā 2.1.2. (angl.)
A1.2	Uz ontoloģijām un tīmekļa tehnoloģijām balstītu vaicājumu valodu izstrāde un realizācija	Pirmkārt, balstoties uz datu ontoloģijām, izstrādāta iestāžu vadībai nepieciešamo ātro vaicājumu valoda, kas „pa tiešo” (bez programmētāju starpniecības) būs lietojama nozaru speciālistiem, otrkārt, izstrādāts attīstīts pieejas tiesību mehānisms sensitīviem datiem lietojot minēto vaicājumu valodu darbam tīmekļa vidē.	Valodas apraksts Programmatūras prototips	1 gab. 1 gab.	Izstrādāta vaicājumu valoda. Tās apraksts atrodams 1. un 2. posma atskaitei 2. pielikumā, nodaļā 2.1.2. (angl.) Izstrādāts programmatūras prototips, kas pieejams, veicot pieejas tiesību pieprasījumu LUMII.
A1.3	Tīmeklī balstītu modelēšanas tehnoloģiju izstrāde	Pirmkārt, izstrādātas tīmeklī balstītu datu ontoloģiju attēlošanas metodes, kas viegli uztveramas nozaru speciālistiem, otrkārt, izstrādātas grūti formalizējamo sistēmu modelēšanas metodes un to lietojumi	Programmatūras prototips Metodika	1 gab. 1 gab.	Izstrādāts tīmeklī balstītu modelēšanas tehnoloģiju izstrādes platformas prototips, kas pieejams, veicot pieejas tiesību pieprasījumu LUMII. Izstrādāta metodika, kas atrodama 1. posma atskaitei pielikumos 2.3.1 un 2.3.2 un aprakstīta A.Sproģa publikācijās.
A1.4	FrameNet mikro-relāciju ontoloģiskās semantikas	Izstrādāta FrameNet mikro-relāciju ontoloģiskās semantikas	Metodoloģija	1 gab.	Izstrādāta metodoloģija, kas aprakstīta publikācijās un zinātniskajā pārskatā 3. posma atskaitei 2.

	teorētiskās bāzes izstrāde	teorētiskās bāze.			<p>pielikumā, nodaļā 2.1.4. (angl.)</p> <p>Sagatavots un vinnēts Apvārsnis-2020 projekta "SUMMA" pieteikums H2020-ICT-16 BigData-research uzsaukumam.</p> <p>Izcīnīta 1.vieta SemEval-2016 Task 8 starptautiskajā sacensība par AMR izgūšanu no dabiskās valodas teksta.</p> <p>Izcīnīta 1. vieta SemEval-2017 Task- 9 starptautiskajās sacensībās ASV par angļu valodas tekstradi no formāla AMR pieraksta.</p>
A1.5	Tīmeklī balstītu saistītu datu izpēte un tālāka attīstība	Veikta uz ontoloģijām balstītu saistīto datu tehnoloģiju izpēte un tālāka attīstīšana e-pārvaldes un e-medicīnas lietojumiem	Metodoloģija	1 gab.	<p>Izpētīta saistīto datu izmantošanas dažādos priekšmetu apgabalos labākā prakse. Atrodama 1. posma atskaites pielikumā 2.4.</p> <p>Izpētīts saistīto datu tehnoloģiju patreizējais stāvoklis, kā arī veikta to vispārīgas pielietojšanas aspektu (RDF datu validācija, pieejas kontrole) un detalizēta e-medicīnas un e-pārvaldes saistīto datu lietojumu analīze – izstrādāta metodoloģija. Atrodama 4. posma atskaites 2. pielikuma nodaļā 2.1.1.5.</p>
A1.6	Automatizētu sistēmas struktūras modeļu analīzes metožu un algoritmu izstrāde un implementēšana I4S	Izstrādāta zināšanu par sarežģītu heterogēnu sistēmu struktūrmodelēšanas rīks I4S 2.0, lai industriālu kontroles sistēmu analīzes rezultātā noteiktu to funkcionālo stāvokli, saistītos riskus un prognozētu iespējamo defektu izraisītās sekas	Programmatūra I4S 2.0 Sistēmas apraksts	1 gab. 1 gab.	<p>Izstrādāta intelektuālais struktūrmodelēšanas programmatūras rīka versija ar paplašinātu funkcionalitāti I4S 2.0 (pieejama pēc pieprasījuma RTU DITF Mākslīgā intelekta un sistēmu inženierijas katedrā)</p> <p>Sagatavots I4S sistēmas apraksts – IFS User Manual v.1.0 (pieejams pēc</p>

					pieprasījuma RTU DITF Mākslīgā intelekta un sistēmu inženierijas katedrā)
A1.7	Zināšanu struktūru apvienošanas un dalīšanas metožu, kā arī modeļu transformācijas un modeļu sintakses, semantikas un struktūras analīzes metožu izstrāde	Pirmkārt, izstrādātas metodes zināšanu struktūru apvienošanai un dalīšanai, otrkārt, metodes zināšanu struktūru modeļu transformācijai un modeļu sintakses, semantikas un struktūras analīzei ar mērķi automatizēt mācību materiālu izstrādi un studentu/skolēnu zināšanu vērtēšanu	Metodika	1 gab.	Izstrādāta metode autonomai izmaiņu ieviešanai daudzāģentu sistēmu zināšanu struktūrās, kas aprakstīta zinātniskā publikācijā „Lavendelis E. A Cloud Based Knowledge Structure Update and Machine Learning Framework for Heterogeneous Multi-Agent Systems. International Journal of Artificial Intelligence, Vol. 14 (2), October, 2016. CESER Publishing, pp. 157-170.”
A1.8	Modeļu, procesu, uzņēmuma arhitektūru un zināšanu strukturālās savietojamības kontroles pieeju un metožu izstrāde	Izstrādātas pieejas un metodes modeļu, procesu, uzņēmuma arhitektūru un zināšanu strukturālās savietojamības kontrolei, kas atvieglos normatīvo aspektu iestrādi organizāciju biznesa procesos un uzņēmumu arhitektūrā	Metodika	2 gab.	Izstrādāta pieeja/metodika biznesa objektu legālo stāvokļu kontrolei, kas aprakstīta publikācijā „Peņicina L. Controlling Business Object States in Business Process Models to Support Compliance. PoEM 2016, Doctoral Consortium, Skövde, Sweden, November 8-10, 2016” (publicēta Ceurws.org) un maģistra darbā „Linda Stanga. Pastāvīgas biznesa procesu un uzņēmumarhitektūras atbilstības uzturēšanas paņēmiena izstrāde. Maģistra darbs, Rīgas Tehniskā universitāte, 2016”. Izstrādāta metodika prasību inženierijas zināšanu/artefaktu uzturēšanai un izplatīšanai, kas ir aprakstīta 4.posma zinātniskās atskaites (2. pielikums) 2.2.3.6. nodaļā
A1.9.	Semantiskā tīmekļa servisu integrēšanas ietvara un metodoloģijas	Izstrādāts ietvars un metodoloģija semantiskā tīmekļa servisu integrēšanai	Metodika	1 gab.	Izstrādāta metodika semantiskā tīmekļa servisu izstrādei un integrēšanai tīmekļa portālā, kas

	izstrāde	tradicionālajos tīmekļa lietojumu portālos izmantošanai dažādās problēmsfērās			aprstīta publikācijā „Novickis L., Vinichenko S., Sotnichoks M., Lesovskis A., Graph Models and GeoData Based Web Portal in Cargo Transportation. In : Scientific Journal of Riga Technical University. Applied Computer Systems, 2015/17, RTU Press, Riga, 2015, pp. 34-39.”, 1. un 2. posma atskaites 2. pielikuma nodaļās 2.2.4 un 2.2.5 un 3. posma atskaites 2. pielikuma nodaļā 2.2.4.
A1.10	Liela apjoma NoSQL datu bāzu pārlūkošanas un vizualizācijas tehnoloģijas izstrāde	Izpētīti NoSQL datu bāzes un to pielietojumi un izstrādāts eksperimentāls datu pārlūkošanas un vizualizācijas rīks	Programmatūras prototips	1 gab.	Izgatavots monitoru sienas prototips. Izstrādāts eksperimentāls datu pārlūkošanas un vizualizācijas programmatūras prototips, saistīts ar monitoru sienas infrastruktūras iespējām. (Pieejami pēc pieprasījuma LU DF)
A1.11	Biznesa procesu izpildes laika drošības modeļu izstrāde un pārbaude	Izstrādāti biznesa procesu izpildes laika drošības modeļi un veikta to pārbaude	Biznesa procesu izpildes laika modeļi	2 gab.	Izstrādāts banku maksājumu klīringa procesa izpildes laika drošības modelis. (Pieejams pēc pieprasījuma SIA “DIVI grupa”). Izstrādāts biļešu rezervācijas sistēmas izpildes laika drošības modelis. (Pieejams pēc pieprasījuma SIA “DIVI grupa”). Izstrādāts dronu darbības monitoringa modelis projektā ARTEMIS. (Pieejams pēc pieprasījuma LU MII).
A2	Tehnoloģiju pārnese un aprobācija				
A2.1	Aktivitātē A1.2 izstrādātās tehnoloģijas	Minētā tehnoloģija tiks aprobēta kādā no Latvijas slimnīcām	Aprobēts prototips	1 gab.	Aprobēts BKUS – apraksts 2. posma atskaites 2. pielikumā, nodaļā 2.1.7

	aprobācija	(patreiz tiek plānots, ka tā būs Bērnu klīniskās universitātes slimnīca, ir attiecīgā atbalsta vēstule no minētās slimnīcas)			(angl.) [Aprobacija_LUMII_1]
A.2.2	Aktivitātes A1.3 ietvaros izstrādātās datu ontoloģiju būves metodes aprobācija	Minētā datu ontoloģiju būves metode tiks aprobēta uz reāliem veselības nozares datiem (patreiz tiek plānots, ka tas būs Nacionālais veselības dienests, ir attiecīgais sadarbības līgums starp NVD un LUMII)	Aprobēta metode	1 gab.	Aprobēts BKUS – apraksts 4. posma atskaites 2. pielikumā, nodaļā 2.1.1.4 (angl.) [Aprobacija_LUMII_1]
A2.3	Aktivitātē A1.4 izstrādātās FrameNet mikrorelāciju ontoloģiskās semantikas formalizācijas metodes aprobācija	Minētā semantikas formalizācijas metode tiks aprobēta to realizējot programmatūras formā kontrakta ietvaros ar LETA	Aprobēta metode	1 gab.	Rīkkopas prototips tika aprobēts ziņu aģentūrā LETA – apraksts 2. posma atskaites 2. pielikumā, nodaļā 2.1.10 (angl.) [Aprobacija_LUMII_2]
A2.4	I4S 2.0 rīka aprobācija	Struktūrmodelēšanas rīks zināšanu par sarežģītu heterogēnu sistēmu iegūšanai tiks aprobēts industriālu kontroles sistēmu analīzei sadarbībā ar ICD Software AS (Norvēģija) (ir atbalsta vēstule)	Aprobēts prototips	1 gab.	Sadarbības ar kompāniju ICD Software AS pārtraukšanas dēļ rīka I4S aprobācija netika veikta. Tā vietā tika veikta aktivitātē A1.7 izstrādātā daudzu robotu sistēmas imitācijas programmatūras rīka aprobācija, kas aprakstīta dokumentā „Lavendelis, E. Prototype of adaptive multi-agent system. Technical report, Riga Technical University, 2017”
A2.5	Aktivitātē A1.7 izstrādāto metožu zināšanu struktūru apvienošanai un dalīšanai un zināšanu struktūru modeļu transformācijai aprobācija	Aktivitātē tiks aprobētas metodes darbam ar zināšanu struktūrām mācību materiālu izstrādei, kā arī automatizētai uzdevumu izstrādei un zināšanu vērtēšanai (patreiz tiek plānots, ka tas būs sadarbībā ar A/S Datorzinību centrs, ir	Aprobētas metodes	2 gab.	Aprobētas metodes darbam ar zināšanu struktūrām mācību materiālu izstrādei, kā arī automatizētai uzdevumu izstrādei un zināšanu vērtēšanai [Aprobacija_DITF_1_2_] <p>1) Lai aprobētu izstrādāto metodi emocijās balstīta mācību procesa dinamiskai adaptācijai tika izstrādāta</p>

		atbalsta vēstule)			<p>izglītojošas spēles sākotnējā versija, kas aprakstīta zinātniskā publikācijā „Petrovica, S. Multi-level adaptation of an educational game to individual student’s gameplay, knowledge and emotions. Proceedings of the 9th Annual International Conference on Education and New Learning Technologies, Barcelona, Spain, July 3-5, 2017, pp. 2220-2230”</p> <p>2) Lai aprobētu izstrādāto metodi emociju sociālo efektu modelēšanai tika izstrādāta daudzāģentu sistēmas veidā realizēta spēle, kas aprakstīta zinātniskā publikācijā „Pudane, M. Affective Multi-Agent System for Simulating Mechanisms of Social Effects of Emotions. Proceedings of Seventh International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction Workshops and Demos (ACIIW), San Antonio, United States of America, October 23-26, 2017. San Antonio, 2017, pp. 129-134”</p>
A2.6	Aktivitātē A1.9 izstrādātā semantiskā tīmekļa servisu integrēšanas ietvara aprobācija	Aktivitātē tiks aprobēts ietvars un metodoloģija semantiskā tīmekļa servisu integrēšanai tradicionālajos tīmekļa lietojumu portālos izmantošanai loģistikas problēmsfērā sadarbībā ar LOGITRANS Consult Ltd. (ir atbalsta vēstule)	Aprobēts ietvars	1 gab.	Izstrādātā metodoloģija semantiskā tīmekļa servisu izstrādei un integrēšanai ir aprobēta eLOGMAR portāla pilnveidošanā un citos programmatūras izstrādes projektos, kas ir aprakstīts zinātniskā publikācijā „Bartusevičs, A., Lesovskis, A., Ponomarenko, V. Model-Driven Approach and Library of Reusable Source Code for Automation of IT Operations. Applied Computer Systems. Vol.21, 2017, pp. 5-12”, un

					zinātniskās atskaites (2. pielikums) 2.2.4. nodaļā [Aprobācija_DITF_4]
A2.7	NoSQL datu bāzu pārlūkošanas un vizualizācijas tehnoloģijas aprobācija	Aktivitātē tiks aprobēta jauna NoSQL datu bāzu pārlūkošanas un vizualizācijas tehnoloģija	Aprobēts prototips	1 gab.	LU DF telpās izgatavots un aprobēts monitoru sienas prototips. Aprobēts eksperimentāls datu pārlūkošanas un vizualizācijas programmatūras prototips, saistīts ar monitoru sienas infrastruktūras iespējām [Aprobācija_DF_2]
A2.8	Biznesa procesu izpildes laika drošības modeļu aprobācija	Aktivitātē tiks aprobēti biznesa procesu izpildes laika drošības modeļi	Aprobēts prototips	1 gab.	Izstrādāts banku maksājumu klīringa procesa Latvijas Bankā izpildes laika drošības modelis un veikta tā aprobācija [Aprobācija_DF_3] Aprobēts biļešu rezervācijas sistēmas izpildes laika drošības modelis [Aprobācija_DF_3] Aprobēts dronu darbības monitoringa modelis projektā ARTEMIS. [Aprobācija_DF_1]
A3 Ieguldījums izglītībā					
A3.1	Promocijas darbu izstrāde	Ar projekta daļēju atbalstu tiks izstrādāti promocijas darbi.	Izstrādāti promocijas darbi	9 gab.	8* *Izstrādātas S.Rikačova promocijas darbu galvenās nodaļas (tiks iesniegts 2018. gadā)
A3.2	Rezultātu izmantošana studijuursos	Projekta rezultāti tiks izmantoti LU DF un RTU DITF studijuursos	Studiju kursi, kuros izmantoti projekta rezultāti	4 gab.	RTU DITF doktorantūras studiju kursā „Struktūrmodeļošana” ieviesta izstrādātā programmatūras rīka I4S paplašinātās funkcionalitātes izmantošana. Uzlabots LU DF maģistru studiju kurss “Dziļā mašīnmācīšanās”.

					Uzlabots maģistra studiju kurss "Datu apstrādes sistēmas". RTU DITF doktorantūras studiju kursa „Izklīdētas intelektuālas sistēmas” saturs papildināts ar izstrādātajām zināšanu struktūru transformācijas metodēm
A3.3	Maģistra darbu izstrāde	Ar projekta daļēju atbalstu tiks izstrādāti maģistra darbi.	Izstrādāti maģistra darbi	22 gab.	38
A4 Rezultātu publicitāte un ilgtermiņa tehnoloģiskā prognozēšana					
A4.1	Nozares speciālistu informēšana	Projekta rezultātu izplatīšanai nozares speciālistu vidū reizi pusgadā tiks rīkoti publiski semināri, kuros tiks demonstrētas pētījuma rezultātā izstrādātās tehnoloģijas un rīki.	Sarīkots seminārs	6 gab.	Sarīkoti 5 semināri 2. projekta ietvaros un 3 semināri programmas ietvaros. Kopā 8 semināri.
A4.2	Starptautiskās zinātniskās sabiedrības informēšana	2016. gadā tiks rīkota starptautiska konference <i>DB&IS 2016</i> . Projekta izpildes laikā tiks rīkoti INTEL-EDU semināri. Tiks sagatavotas zinātniskās publikācijas.	Sarīkota konference Sarīkots seminārs Sagatavotas zinātniskās publikācijas	1 gab. 3 gab. 26 gab.	2016. gadā tika sarīkota starptautiska konference <i>DB&IS 2016</i> Rīkoti semināri: 1)2017. gadā konferences 15th International Conference on Perspectives in Business Informatics Research (BIR 2016), Copenhagen, Denmark, August 28-30, 2017 ietvaros rīkots seminārs 2nd Workshop on Managed Complexity (ManComp2017) 2),3) 2016. gadā konferences 15th International Conference on Perspectives in Business Informatics Research (BIR 2016) , Prague, Czech Republic, September 14-16, 2016 ietvaros rīkoti divi semināri – 1st Workshop on Managed Complexity (ManComp 2016) un 4th International Workshop on Intelligent Educational

					Systems, Technology-enhanced Learning and Technology Transfer Models (INTEL-EDU 2016) Sagatavotas 65 zinātniskās publikācijas
A4.3	Latvijas sabiedrības informēšana	Plašākas sabiedrības informēšanai par projekta rezultātiem tiks publicēti populārzinātniski raksti projekta mājas lapā, kā arī DITF „Demo istabā” izstādītās izveidotās tehnoloģijas un rīki.	Publicēti populārzinātniski raksti „Demo istabā” izstādītās tehnoloģijas	3 gab. 4 gab.	Publicēti 3 populārzinātniski raksti: 1) Petrovica, S., Pudane, M., Anohina-Naumeca, A., Lavendelis E. Why Computer Systems Need Emotional Intelligence? [ps_pubRTU]; 2) G.Bārzdiņa intervija laikraksta «Diena» pielikumā «SestDiena» 11.06.2017; [ps_pub_LUMII_1] 3) G.Bārzdiņš konsultants mākslas filmai «Tas, ko viņi neredz». [ps_pub_LUMII_2] RTU DITF inovāciju istabā „BONITA ShowRoom” nodrošināta iespēja demonstrēt projektā izstrādāto programmatūru: 1) rīku I4S, 2) daudzu robotu sistēmas virtuālo prototipu un 3) divu izglītojošo spēļu sākotnējās versijas, kas izstrādātas emocijās balstītas mācību sistēmas ietvaros
A4.4	Latvijas zinātniskās sabiedrības informēšana	Tiks nolasīti referāti par pētījumu rezultātiem gadskārtējās LU un RTU zinātniskajās konferencēs	Nolasīti referāti	14 gab.	Nolasīti 18 referāti
A4.5	Virziena tehnoloģiskās attīstības prognozēšana	Tiks attīstītas tehnoloģiskās prognozēšanas metodes, kas tiks pielietotas, veicot ilgtermiņa tehnoloģisko prognozēšanu	Attīstības prognoze	1 gab.	Publicēta programmas tīmekļa vietnē.

		projektā attīstītajiem zinātniskajiem un tehnoloģiskajiem virzieniem.			
--	--	---	--	--	--

2.2.4. Projekta Nr. 2 izvirzīto uzdevumu izpildes rezultāti

(Novērtē, kādā mērā ir sasniegti plānotie mērķi un uzdevumi. Raksturo rezultātu zinātnisko un praktisko nozīmību, kā arī rezultātu praktisko lietojumu (lietišķiem pētījumiem). Raksturo problēmas, to iespējamās risinājumus, turpmākā darba virzienus. Kopējais saturiskais izklāsts nepārsniedz četras A4 lapas)

4. posma izpildes rezultāti:

1. Datu ontoloģiju attēlošanas metožu tālāka attīstīšana un to aprobācija uz reāliem medicīnas nozares datiem.

Plaši izplatīta datu attēlošanas forma ir relāciju datubāze. Taču tā prasa SQL zināšanas datu vaicāšanai, un šādu zināšanu problēmapgabala ekspertiem parasti nav. Lai tie varētu paši (bez programmētāja starpniecības) iegūt informāciju par saviem datiem, mēs esam ieviesuši jaunu metodi datu attēlošanā - puszvaigžņu ontoloģijas. Eksperimenti rāda, ka tās gala lietotājiem ir viegli uztveramas, un tas mums ir ļāvis tām izstrādāt speciālu vaicājumu valodu, kas balstīta uz dabīgās valodas. Tā kā puszvaigžņu ontoloģijas pēc savas uzbūves ir granulāras (tas ir, dati dabiski sadalās savstarpēji nešķeļošās šķēlēs), tad mums šo vaicājumu valodu ir izdevies arī efektīvi realizēt. Jaunā datu ontoloģiju attēlošanas metode kopā ar uz tās bāzes izstrādāto un realizēto vaicājumu valodu ir aprobēta Rīgas Bērnu klīniskās universitātes slimnīcā. [Aprobācija_LUMII_1]

2. Uz ontoloģijām balstītu saistīto datu tehnoloģiju izpēti un tālāka attīstīšana e-pārvaldes un e-medicīnas lietojumiem.

Saistītie dati ir principu kopums darbam ar RDF datiem un to publicēšanai tīmeklī. Šī darba ietvaros tika pētīta saistīto datu izmantošana divās nozīmīgās nozarēs - e-medicīnā un e-pārvaldē.

Šis pētījums sastāv no saistīto datu tehnoloģiju patreizēja stāvokļa apskata, to vispārīgas pielietojšanas aspektu (RDF datu validācija, pieejas kontrole) analīzes un detalizēta e-medicīnas un e-pārvaldes saistīto datu lietojumu analīzes. Pamatoties uz esošajiem pētījumiem, tika secināts, ka saistīto datu lietojums e-pārvaldē pamatā notiek atvērto datu iniciatīvu ietvaros. Veselības aprūpes un e-medicīnas sfērā saistītie dati tiek pielietoti daudzveidīgāk, tai skaitā, veidojot un izmantojot daudz liela apjoma ontoloģijas.

Abās šajā nozarēs ir potenciāls tālākiem pētījumiem un inovācijām saistīto datu un ontoloģiju pielietojšanā. E-medicīnas nozarē šajā ziņā īpašs potenciāls ir FHIR veselības aprūpes informācijas apmaiņas standartam, kura jaunākajā versijā tika pievienots RDF un saistīto datu atbalsts. Papildus tam, potenciāls tālākai izstrādei un izpētei ir vispārīgām RDF un saistīto datu tehnoloģijām, kuras ir nepieciešamas visās nozarēs (piem., RDF datu validācija).

3. Ātrās vaicājumu valodas un tās realizācijas tālāka pilnveidošana un aprobācija uz reāliem BKUS datiem.

Veikta iepriekšējos projekta etapos izstrādātās ātrās vaicājumu valodas aprobācija uz BKUS 2015. un 2016. gadu datiem, lai analizētu Intensīvās terapijas klīnikas darbību un ārstniecības procesu dažādos griezumos bez IS programmētāju starpniecības. Reālais sistēmas lietojums parādīja, ka nozares speciālists (ārsts) pēc aptuveni 2 stundu apmācības patstāvīgi var pats uzrakstīt (bez programmētāja starpniecības) tādas sarežģītības vaicājumus, kādi reāli parādījās pēdējo divu gadu darbības analīzes procesā. Aprobācija arī parādīja, ka izstrādātās sistēmas realizācija nodrošina ļoti augstu ātrdarbību – vidēji zem 0.5 sek. uz tradicionālajiem vaicājumiem. Kopumā aprobācija parādīja, ka izstrādātā sistēma ir praktiski lietojama slimnīcas darbības un ārstnieciskā procesa analīzei. Sagatavota un iesniegta arī publikācija [SoSyM_SNIP] žurnālā “Software and System Modeling (SoSyM)”, kura SNIP>1.

4. Tīmeklī balstītu grūti formalizējamu sistēmu modelēšanas metožu tālāka attīstīšana.

Izmantojot LU MII pieredzi lokālās rīku būves platformas (TDA) izveidē, izveidota tīmekļa bāzētu rīku būves platforma, kas nodrošina iespēju tiešsaistē nodefinēt grafisku modelēšanas valodu un tās redaktoru, kā arī izmēģināt to uz piemēriem, un ja vajadzīgs, uz vietas modificēt izstrādāto valodu. Platforma strādā uz servera, bet katrs lietotājs tīmekļa pārlūkā var piedalīties gan valodas un redaktora definēšanā, gan arī lietot jau gatavo valodu, visas izmaiņas sinhroni redzamas arī citiem lietotājiem. Izstrādāts šādas platformas prototips un arī atbilstošā lietošanas metodika. Nākošais solis platformas attīstībā ir pāriet no metamodeļu instantēšanas uz

metamodeļu specializāciju, lai atvieglotu gan valodas, gan redaktora definēšanas procesu un padarītu to pieejamāku ne tikai IT speciālistiem, bet arī dažādu problēmu apgabalu speciālistiem, kam vajadzīgas savas specifiskas modelēšanas valodas. Šobrīd izstrādāti šādas pieejas pamatprincipi, kas nopublicēti vairākās prestižās publikācijās, kā arī izdomāts, kā to realizēt platformā.

5. Balstoties uz panākumiem iepriekšējos posmos FrameNet mikro-relāciju ontoloģijas formalizācijā AMR (Abstract Meaning Representation) formā un atbilstošu mašīnmācīšanās metožu izstrādi teksta semantiskai analīzei, izpētīt šo inovatīvo metožu iespējamus lietojumus citās jomās, piemēram, tekstrādē un robotikā.

Šajā projekta posmā tika realizēti sekojoši pētījumi AMR (Abstract Meaning Representation) jomā:

a) Piedalīšanās SemEval-2017 Task- 9 starptautiskajā sacensībā ASV par angļu valodas tekstrādi no formāla AMR pieraksta. Šajā sacensībā iegūta pirmā vieta izmantojot AMR un GF metožu apvienojumu, kas sīkāk aprakstīta publikācijā [LUMII_SemEval].

b) Piedalīšanās TAC KBP Task 2016 starptautiskajā sacensībā ASV par predefinētas ontoloģijas (KPB) aizpildīšanu ar faktiem no angļu valodas teksta. Izmantojot AMR analizatoru, kas tika izstrādāts šī projekta iepriekšējā posmā, tika sasniegta augstākā precizitāte starp visiem dalībniekiem, taču zems recall kopvērtējumā noveda pie viduvējiem rezultātiem, sīkāks apraksts publikācijā [LUMII_SUMMA].

c) Pēteris Paikens (vad. Guntis Bārzdiņš) sagatavojis un aizstāvēja 5/12/2017 promocijas darbu "RĪKU KOPA LATVIEŠU VALODAS SEMANTIKAS ANALĪZEI", kas pamatā balstīts uz AMR un FrameNet mikro-relāciju ontoloģijas izmantošanu latviešu valodas semantiskai analīzei. [phD_LUMII_Paikens]

Līdztekus tika veikti pētījumi mašīnmācīšanās metožu pielietošanai robotikas jomā:

d) Nauris Dorbe (vad. Guntis Bārzdiņš) sagatavoja maģistra darbu "BEZPILOTU MAŠĪNU APMĀCĪBA IZMANTOJOT STIMULĒTĀS MĀCĪŠANĀS MĀKSLĪGOS DZIĻOS NEIRONU TĪKLUS KOOPERATĪVĀS BRAUKŠANAS SISTĒMĀ" par kuru ieguva 1.vietu ZIBIT organizētajā konkursā.

e) Uldis Locāns (vad. Guntis Bārzdiņš) sagatavoja un aizstāvēja 3/10/2017 promocijas darbu "Future Processor Hardware Architectures for the Benet of Precise Particle Accelerator Modeling", kurā pētītas GPU izmantošanas iespējas, kas aktuālas arī dziļo neironu tīklu apmācībā.

f) Uz NIPS-2017 konferences "Workshop on Visually-Grounded Interaction and Language" (ViGIL) sagatvota publikācija par valodas un robotikas apmācības mijiedarbību [LUMII_ViGiL].

6. Ilgtermiņa tehnoloģiskā prognoze apakšprojekta ietvaros attīstītajiem zinātniskajiem un tehnoloģiskajiem virzieniem.

Prognoze atrodamā [Projekts2_Prognoze] sadaļā 2.1.

7. Metožu izstrāde zināšanu struktūru transformācijām un intelektuālā struktūrmodelēšanas rīka I4S 2.0 prototipa aprobācija studiju procesā darbam ar zināšanu struktūrām (konceptu kartēm).

Pētījuma par izklaidētajā mākslīgajā intelektā lietoto dažādo zināšanu struktūru savienošanu un koplietošanu secināts, ka ontoloģija ir zināšanu atspoguļošanas pamatshēma un tā ir transformējama (tieši vai pastarpināti) tradicionālajās mākslīgajā intelektā lietotajās shēmās – semantiskajā tīklā un tā ekvivalentā – konceptu kartē, freimu sistēmā, produkciju likumos un pirmās kārtas loģikas valodā formalizētā zināšanu struktūrā. Izstrādātā metode, kas fokusējas uz tīklveida shēmām, sevī ietver 5 savstarpējās transformācijas pārus: (1) ontoloģija – semantiskais tīkls vai konceptu karte, (2) semantiskais tīkls vai konceptu karte – produkciju likumi, (3) semantiskais tīkls vai konceptu karte – freimu sistēma, (4) semantiskais tīkls vai konceptu karte – loģiskā shēma (izteikumu rēķinu valodā formalizētas zināšanas) un (5) produkciju likumi – loģiskā shēma. Pusautomātisku savstarpējo zināšanu struktūru transformāciju veikšanai metodē ir iekļauti 10 algoritmi. Detalizēts algoritmu apraksts pieejams projekta zinātniskās atskaites 2.2.2.2. sadaļā.

Tika veikts pētījums par attieksmju semantikas analīzes nepieciešamību automatizētā konceptu karšu (KK) vērtēšanā (pētījuma rezultāti ir apkopoti publikācijā). Pētījuma rezultātā ir izstrādātas divas metodes: (1) darbam ar zināšanu struktūrām (konceptu kartēm) mācību materiālu un uzdevumu automatizētai izstrādei un (2) automatizētai zināšanu vērtēšanai.

Pirmā metode, kas ir pirms projekta uzsākšanas agrāk izstrādātās metodes modifikācija, pamatojas uz eksperta (pasniedzēja) veidotās konceptu kartes struktūras analīzi, kuras rezultātā tiek identificēti t.s. grafa paraugi, piemēram, klases koncepts kopā ar visiem tās apakšklases konceptiem. Katram no konceptu kartes četrpārīgu apakšgrafu veidiem tiek piesaistīts mācību objekts pēc šādiem principiem: (1) semantiskās saites gadījumā tiek meklēti visi saites sākuma virsotņu koncepti un visi beigu virsotņu koncepti, (2) saišu "ir apakškopa", "ir eksemplārs" un "ir daļa" gadījumos tiek meklēti visi sākuma jēdzieni, (3) saišu "ir īpašība" gadījumos vienam sākuma konceptam tiek atrasti visi tā īpašību koncepti, kas visi tiek iekļauti mācību objektā kopā ar to vērtībām un (4) saites "ir sinonīms" gadījumā tiek meklēti apakšgrafi, kas satur saites sākuma un beigu konceptus un kur pārējie apakšgrafa jēdzieni ir savstarpēji saistīti ar saiti "ir sinonīms". Izveidotie mācību objekti tiek pievienoti

konceptu kartei un sakārtoti mācīšanās ceļos. Mācīšanās ceļā mācību objekti tiek sakārtoti priekšzināšanu secībā pa līmeņiem, ņemot vērā konceptam atbilstošās virsotnes lokālo pakāpi, kas nosaka šī koncepta svarīgumu dotajā konceptu kartē. Pēc konceptu karšu saņemšanas no studentiem un pieļauto kļūdu identifikācijas tiek izveidots personalizēts mācīšanās ceļš, kurā iekļautie mācību objekti, kas ir piesaistīti svarīgākajiem konceptiem dotajā ceļā, ļauj automatizēt uzdevumu ģenerēšanu, lai novērstu zināšanu trūkumus. Metodes realizācijai ir izstrādāti 3 algoritmi. Detalizēts algoritmu apraksts pieejams projekta zinātniskās atskaites 2.2.2.3. sadaļā.

Otrā izstrādātā metode pamatojas uz attieksmju savstarpējās aizvietošanas (ASAT) koncepciju, kas satur informāciju par iespējam vienu kādas attieksmes aprakstošo frāzi aizvietot ar citu semantiski līdzvērtīgu frāzi. Analizējot 186 studentu sastādītas konceptu kartes studiju priekšmetā "Mākslīgā intelekta pamati", tika konstatēts, ka katrā no studentu konceptu kartēm vidēji 21% gadījumu bija lietotas semantiski identiskas frāzes, salīdzinot ar etalona (eksperta veidoto) konceptu karti, bet vidēji 34% gadījumu tās bija atšķirīgas (pārējos gadījumos studentu definētās attieksmes starp konceptiem bija kļūdainas). Bez tam tika konstatēts, ka attieksmju frāžu daudzveidība ir liela un tikai no 4%-25% studentu, kas attieksmi bija definējuši, izmantoja etalona konceptu kartē definētu (identisku) frāzi. Savukārt, no 18%-39% lietoja citu frāzi ar semantiski tuvu nozīmi. Analīze ļāva secināt, ka pašreiz zināmās konceptu karšu vērtēšanas sistēmas nespēj adekvāti novērtēt lielu daļu zināšanu struktūru, kas atspoguļotas konceptu karšu veidā. Lai izveidotu pilnīgāku automatizētu zināšanu vērtēšanas sistēmu, tajā ir jārealizē ASAT koncepcijas. ASAT ir jāapmācās, lai automatizētā zināšanu vērtēšanā tas spētu klasificēt semantiski līdzvērtīgas frāzes kā pareizas un atšķirt tās no kļūdainām. ASAT apmācībai ir nepieciešamas novērtētas studentu KK un pasniedzēja KK. Ir izstrādāts algoritms un uzrakstīts programmas kods ASAT būvēšanai no novērtētu konceptu karšu kopas un uzbūvēta sākotnējā ASAT struktūra, izmantojot iepriekšējā pētījumā izmantotās KK, kuras tika digitalizētas un pārvērstas CSV formātā.

Abas izstrādātās metodes ir aprobežotas studiju kursā "Mākslīgā intelekta pamati" (RTU Studiju daļas apliecinājums). Aprobācija tika veikta, izmantojot bakalaura studiju programmas "Datorsistēmas" studiju kursā "Mākslīgā intelekta pamati" studentu veidotās konceptu kartes (kopā 114). Konceptu karšu sarežģītība tiek novērtēta pēc sistēmu teorijā pieņemtajiem kritērijiem, kas papildināti ar jaunu struktūras sarežģītības kvantitatīvās novērtēšanas formulu, struktūras centralizācijas pakāpes un hierarhijas līmeņu relatīvā svara aprēķinu. Konceptu karšu elementu nozīmība tiek noteikta pēc struktūrmodelešanas pieejā lietotajām grafa virsotņu ranžēšanas metodēm, kuras pamatojas gan uz lokālo informāciju (grafa virsotņu lokālajām pakāpēm), gan uz informāciju par grafa saistību kopumā (ceļu un ciklu analīzi).

8. Zināšanu struktūru modeļu izstrāde, apvienošana un pielietošana lēmumu pieņemšanā daudzāģentu sistēmās un intelektuālās mācību sistēmās.

Projekta pirmajos posmos tika izstrādāta adaptīvas daudzāģentu sistēmas realizācijai nepieciešamā arhitektūra un rīku komplekts – ontoloģiju apmācības rīks un daudzāģentu sistēmas vadības rīks, kā arī daudzāģentu sistēmas apmācības algoritms piemērotu spēju atrašanai katram uzdevumam. Savukārt 4. posmā, izmantojot minēto rīku komplektu un balstoties uz izstrādāto arhitektūru, ir izstrādāts adaptīvas daudzāģentu sistēmas prototips, kas virtuālā vidē imitē daudzu robotu sistēmas darbību tīrīšanas uzdevumam, tādējādi validējot rīku komplektu un apmācības algoritmu. Apmācības procesa laikā ievērojami uzlabojās uzdevumu piešķiršanas novērtējumi, kas pierāda, ka apmācības algoritms konkrētajā prototipā strādā pietiekami labi. Līdz ar to ir sasniegts projekta mērķis – realizēt zināšanu struktūru un arī pašu zināšanu atjaunināšanas pieeju daudzāģentu sistēmās. Zināšanu struktūru atjaunināšanu realizē ontoloģiju rīks, bet pašu zināšanu autonomu atjaunināšanu – apmācības algoritms.

Mācību sistēmu kontekstā šī projekta posma realizācijas laikā tika izstrādāta mācību procesa adaptācijas pieeja, kura ņem vērā dažādus konkrētā studenta raksturojumus vairākos adaptācijas līmeņos (makro- un mikro-līmenī). Personības modelis tiek izmantots makro-līmenī, lai iegūtu datus par studenta mācīšanās stilu un sasnieguma mērķiem, kā arī lai noteiktu pamata garastāvokli un piešķirtu atbilstošu virtuālā skolotāja tipu, ņemot vērā personības dimensijas. Tas ietekmē skolotāja (jeb sistēmas) lēmumus un uzvedību (iejaukšanās biežumu, veidu un saturu) mikro-līmenī un ļauj uzstādīt priekš studenta individualizētus sasniegumu mērķus apmācības un zināšanu vērtēšanas laikā. Kopumā šajā pieejā ir integrēti četri dažādi skolotāju tipi (draugs, eksperts, treneris un vērtētājs) atbilstoši četriem mācīšanās stiliem un to uzvedības un mijiedarbības ar studentu nodrošināšanai ir izstrādāti detalizēti reaģēšanas likumi. Papildus tam tiek atpazīti studenta emocionālie stāvokļi ar mērķi noteikt problemātiskas mācību situācijas un/vai trūkstošās zināšanas un nodrošināt savlaicīgu skolotāja iejaukšanos negatīvu emociju un zema uzmanības līmeņa gadījumā.

Turpinot attīstīt zināšanu struktūras aģentos sakņotai cilvēku emociju modelēšanai, ir izstrādāta metode emociju plūsmas modelēšanai starp aģentiem. Tā balstās uz pētījumiem par emocijām kā sociālās informācijas nesēju. Šajā kontekstā tiek skatīti aģentos sakņoti imitācijas modeļi, kur cilvēks ir sociāla būtne, t.i., lēmumu pieņemšanā ņem vērā citu aģentu stāvokļus (šajā gadījumā – emocionālos). Izstrādātā metode satur piecus mehānismus, kas identificēti psiholoģijas pētījumos un tālāk detalizēti implementācijai daudzāģentu sistēmā: emociju primāro izplatību, emociju sekundāro izplatību, šablonu iedarbināšanu, tiešo komunikāciju un manipulāciju. Metode implementēta spēlē „Cirks”, kur imitācijas rezultāti demonstrējuši psiholoģijas literatūrā identificēto grupas makrolīmeņa emocionālos šablonus – t.i., kopējā emocionālā noskaņojuma konverģenci un

diverģenci. Rezultāti izmantojami pilnvērtīgai cilvēku grupas imitēšanai, piemēram, virtuālās klases lietojumā.

9. Modeļu, procesu, uzņēmumarchitēktūru u.c. zināšanu/artefaktu strukturālā savietošana FREEDOM kopnē un metodikas izstrāde prasību inženierijas zināšanu/artefaktu uzturēšanai un izplatīšanai.

Lai izstrādātu metodiku prasību inženierijas zināšanu/artefaktu uzturēšanai un izplatīšanai, vispirms bija nepieciešams izprast, kā dažādi prasību inženierijas artefakti savietojas iepriekšējos posmos izstrādātajā nepārtrauktai (pastāvīgai) prasību inženierijai izstrādātajā FREEDOM kopnē. Pētījuma rezultāti par uzņēmumarchitēktūru un populārākajās prasību inženierijas pieejās atspoguļoto artefaktu savietojamību ar FREEDOM kopni, kā arī padziļināti nepārtrauktas prasību inženierijas procesu un artefaktu pētījumu rezultāti attiecībā uz konkrētām projektu vadības metodēm un problēmsfērām parāda, ka: 1) lai gan daļa artefaktu un procesu ir kopīgi vairākām situācijām, tomēr dažādām projektu vadības metodēm un dažādām problēmsfērām ir raksturīgi tām specifiski procesi un artefakti; 2) uzņēmummodeļi ir piemērota zināšanu forma FREEDOM ietvarā nākotnes un patreizējas uzņēmuma situācijas atspoguļošanai; 3) nepārtrauktas prasību inženierijas kontekstā FREEDOM kopne ir izmantojama fraktālā formā. Papildus FREEDOM ietvara jēdzieni tika sasaistīti ar laika dimensijas diviem pamata jēdzieniem: intervāls un moments. Identificētajiem FREEDOM ietvara laika intervāliem un momentiem tika definēta to savstarpēja atkarība. Protégē rīkā ir izveidota FREEDOM ietvara temporālo jēdzienu ontoloģija. Pētījumā ir izstrādāta metode potenciālo artefaktu plūsmas FREEDOM kopnē attēlošanai. Lai attēlotu artefaktu un informācijas plūsmas tika lietots orientēts grafis, kur virsotnes attēlo FREEDOM kopnes funkcijas, bet saites starp tiem – informācijas un artefaktu plūsmas. Saites tiek kodētas ar krāsām, lai uzskatāmi attēlotu saites tipu, kā arī saitēm, kas ataino artefaktu plūsmu, iespējams piešķirt nosaukumu. Izstrādātā metode tika pielietota vairāku grafu izstrādē, lai pārliecinātos, ka ar to iespējams attēlot nepieciešamo informāciju viegli uztveramā veidā. Papildus ir identificētas ārējo informācijas avotu grupas, kuras ieteicams aplūkot, lai nodrošinātu zināšanas par ārējo vidi nepārtrauktas prasību inženierijas laikā, kā arī veikti pētījumi analītiskas metožu izmantošanai prasību inženierijā. Ir izstrādāta pieeja, kas palīdz nodrošināt procesu un normatīvo dokumentu savstarpējo atbilstību. Metodikas prasību inženierijas zināšanu/artefaktu uzturēšanai un izplatīšanai izveidei ir izstrādāts prasību inženierijas modelis, kā arī izpētīti socializācijas aspekti prasību komunikēšanā. Izstrādātā metodika satur divus vispārīgos blokus un četrus secīgos blokus, katrs no kuriem sastāv no tiem atbilstošām aktivitātēm un/vai rekomendācijām.

10. Pilnveidot un aprobēt ietvaru un metodoloģiju semantiskā tīmekļa servisu integrēšanai tradicionālajos tīmekļa lietojumu portālos izmantošanai dažādās problēmsfērās

Lai labāk novērtētu jaunākos uzlabojumus uz semantiskiem Web-servisiem balstītā eLOGMAR loģistikas portāla darbībā, tika veikts pētījums par mūsdienīgām efektīvām testēšanas metodēm. Galvenās atziņas no šī pētījuma tika izmantotas, lai izstrādātu metodi loģistikas portālu uzlabošanai un testēšanai. eLOGMAR portāla izstrādes un pilnveidošanas gaitā aktīvi tika pielietota izstrādātā EAF konfigurācijas pārvaldības metode. Paralēli tam EAF metode tika aprobēta arī citos programmatūras izstrādes projektos. Balstoties uz veiktajiem pētījumiem, tika definēti EAF metodoloģijas turpmākie attīstības virzieni, kā arī atklātas problēmas, kas rodas ieviešot jauno metodi dažādos projektos. Lai mazinātu praktiskas dabas šķēršļus EAF metodoloģijas ieviešanā, tika uzsākti eksperimenti ar virtualizācijas tehnoloģijām. Tika definētas arī vairākas idejas, kā atvieglot zinātniskās darbības rezultātā radīto metožu ieviešanu biznesa sektorā. Daļa no šīm idejām varētu tikt pielietota arī EAF konfigurācijas pārvaldības metodes ieviešanas gaitā.

11. Ilgtermiņa tehnoloģiskā prognoze apakšprojekta ietvaros attīstītajiem zinātniskajiem un tehnoloģiskajiem virzieniem.

Prognoze atrodama [Projekts2_Prognoze] sadaļā 2.2.

12. Jāizstrādā eksperimentāls datu pārlūkošanas un vizualizācijas programmatūras prototips, saistot to ar monitoru sienas infrastruktūras iespējām.

Pētījuma 4. posmā tika strādāts 2 virzienos:

- Informācijas vizualizācijas infrastruktūras attīstība, kuras ietvaros tika tehniski un funkcionāli attīstīta displeju siena,
- Displeju sienas un tās pielietojumu izstrāde, kura ietvaros tika aprobētas displeju sienas iespējas 2 konkrētos lietojumos - modeļu bāzētai datu vizualizācijai un liela apjoma grafu vizualizācijai.

No sadarbības partneriem, kuros ir notikusi prototipu aprobācija ir saņemtas pozitīvas atsauksmes.

Pētījuma 4. posmā galvenā vērtība displeju sienas attīstīšanai tika velīta efektivitātes/ mērogojamības jautājumiem. Tika uzkonstruēta displeju siena, kura izmanto vidējās jaudas aparatūru un tajā pat laikā nodrošina 52 megapikseļu attēlu apstrādi. Sasniegtais, salīdzinot ar citām izstrādēm, piemēram, Reality Deck, kas ar vismodernāko aparatūru, nodrošina tikai 88 megapikseļu attēlu apstrādi, atbilst projekta mērķim – radīt salīdzinoši lētu un reizē pietiekami jaudīgu risinājumu lielu attēlu apstrādei. Darba autori sekmīgi ir lietojuši gan

standarta (Google Chrome, PDF viewer), gan domain specifisku (video surveillance) programmatūru. Tas pasargā lietotājus no nepieciešamības radīt speciālu displeju sienas programmatūru – viss, kas strādā uz standarta PC, strādās arī uz displeju sienas.

Displeju sienas prototips tika izmantots modeļa bāzētai datu bāzu informācijas attēlošanai. Galvenie ieguvumi – liela attēlojamā izšķirtspēja, kas ļauj vienlaikus rādīt daudz informāciju, tanī skaitā vienlaicīgi rādīt gan datu bāzes dažāda līmeņa modeļus (fiziskais, loģiskais, konceptuālais), gan arī atbilstošo datus, kā arī ļauj navigēt pa datiem gan izmantojot “tradicionālo” navigēšanu izmantojot datu vienumus, gan navigējot modeļos. Prototips tika veidots kā universāls rīks, kas spēj darboties dažādās operētājsistēmās, kā arī pārlūkot dažāda tipa datu bāzes. Īpaši jāuzsver, ka pielietotā metode ļauj pārlūkot datus no vairākām saistītām datu bāzēm vienlaicīgi (tanī skaitā datu bāzes var būt dažādās datu bāzu pārvaldības sistēmās). Šāda iespēja netiek piedāvāta pat pasaules vadošo kompāniju izstrādātnēs.

Otra displeju sienas aprobācija tika veikta, lai attēlotu liela izmēra (vairāk nekā 400 virsotnes) grafu, kas attēlo testēšanas terminoloģijas savstarpējo saistību. Par grafa virsotnēm kalpo testēšanas jēdzieni (termini), kas ņemti no terminu vārdnīcas. Grafa loki attēlo references no viena termina uz citu. Tā kā terminu vārdnīca satur vairāk nekā 400 dažādus terminus tad arī atbilstošais grafs sasniedz ievērojamus izmērus. Šāda grafa vizualizācija, lai cilvēks spētu izprast terminu sakarības, identificētu svarīgākos terminus, uz kuriem atsaucas daudzi citi termini, nav realizējama ar tradicionāliem vienu vai diviem datoru ekrāniem.

Piedāvātais risinājums, lietojot displeju sienu, sniedz daudzas priekšrocības terminu grafa vizualizācijai: vienlaicīgi ir redzama liela daļa vai pat viss terminu grafs, grafu iespējams mērogot un aplūkot atsevišķas tā daļas bez laika aizturēm, var izkārtot grafa virsotnes lietotājam vēlamā konfigurācijā un citas. Lai piedāvātu analogiskas grafu vizualizācijas iespējas, lielās kompānijas piedāvā ievērojami mazākus, bet daudz dārgākus ekrānus.

Displeju sienas attīstību nevar uzskatīt par pabeigtu, jo jāuzlabo interaktīvas sadarbības ar displeju sienu iespējas, jāizkārto informācija, ņemot vērā ekrānu malas un citi papildinājumi. Pētījuma rezultāti tiks atspoguļoti Rūdolfa Bunduļa promocijas darbā.

13. Tālāk attīstot iepriekšējos posmos izstrādātās metodes, izveidot biļešu rezervācijas sistēmas izpildes laika drošības modeli.

Pētījuma 4.posmā tika turpināti pirmajos trijos posmos uzsāktie darbi, izstrādājot izpildes laika verifikācijas prototipus un analizējot tos trīs praktiskus pielietojumus: Dažādie tautsaimniecības uzdevumi, kuros ir veikta pētījumā izstrādātās izpildes laika verifikācijas pieejas aprobācija, ir izvēlēti apzināti. Šie dažādie lietošanas piemēri kalpo par apliecinājumu tam, ka izpildes laika verifikācija ar nelieliem resursiem var tikt pielietota daudzu reālu tautsaimniecības problēmu risināšanā.

Iepriekšējos posmos pētījuma ietvaros tika izveidots izpildes laika verifikācijas risinājuma prototips starpbanku maksājumu klīringa sistēmai.

Otrs izpildes laika verificēšanas prototips tika izveidots dronu (RUAV – Rotor Unmanned Autonom Vichle) lidojumu kontrolei. Kā zināms, ar programmu vadāmu autonomu iekārtu lidojumu kontrole ir nepieciešama gan misijā paredzēto notikumu analīzei, gan neparedzētu notikumu apstrādei, kuru iestāšanās var izsaukt avārijas situācijas. Dažādu notikumu, kuri var izsaukt avārijas situācijas, ir visai daudz un dažādi. Tieši šādās situācijās ir nepieciešams ārejs, viegli konfigurējams izpildes laika notikumu analīzes mehānisms, kāds tika izstrādāts dotā pētījuma ietvaros.

Izpildes laika verificēšanas prototips dronu vadībai tika izveidots apvienības ARTEMIS projektā R5-COP (Reconfigurable ROS-based Resilient Reasoning Robotic Cooperating Systems), Deliverable Number D34.42 “SIL-based Verification using on-line monitoring” ietvaros. Dronu programmatūras izstrāde tika veikta pēc šādas shēmas. Vispirms tika izveidots drona misijas modelis MATLAB/Simulink vidē, misijas definēšanai, lietojot EFSM (Extended Finite State Machine) formalizāciju. No šī bāzes modeļa, izmantojot Simulink jaunākās iespējas, tika ģenerēts programmas kods, kuru varēja pārsūtīt uz drona atmiņu. Pirms programmu izpildes reālā drona aparatūrā, tā tika pārbaudīta simulācijas režīmā MATLAB/Simulink vidē, papildus vizualizējot drona lidojumu virtuālā realitātē uz displeja ekrāna. Tas ļāva pārbaudīt drona vadības programmu darbību, neriskējot salauzt dronu programmatūras kļūdu dēļ.

Izpildes laika verificēšanas komponente tika pievienota bāzes procesam kā atsevišķa autonoma komponente, kura saņēma lidojuma notikumu informāciju no bāzes procesa. Izpildes laika verifikācijas procesa soļi tika piesaistīti bāzes procesa soļiem un izpildīti savstarpēji neatkarīgi. Šis implementācijas mehānisms ļāva pārbaudīt bāzes procesa izpildes atbilstību verifikācijas aprakstam.

Drona lidojumu analīze simulācijas režīmā apstiprināja jau iepriekšējā sadaļā aprakstītos galvenos secinājumus. Papildus tam tika parādīta piedāvātās izpildes laika verifikācijas implementācijas vienkāršība un caurspīdīgums. Reizē ar to parādījās piedāvātā risinājuma pielietojuma ierobežojumi, kas saistīti ar reālā laika ierobežojumiem uz procesa izpildi reālā aparatūrā un simulācijas modelī MATLAB/Simulink vidē.

Detalizēts pētījuma saturs atrodams apvienības ARTEMIS projekta R5-COP (Reconfigurable ROS-based Resilient Reasoning Robotic Cooperating Systems) 2017.gada materiālā “Deliverable Number D34.42 SIL-based Verification using on-line monitoring”.

Kā trešais izpildes laika verificācijas procesa prototips tika izvēlēta teātra biļešu izplatīšanas sistēma, kurai tika pievienota izpildes laika kontroles komponente. Izvēlēta biļešu izplatīšanas sistēma jau daudzus gadus tika lietota Jaunajā Rīgas teātrī. Sistēmas ekspluatācija parādīja, ka korekta biļešu izplatīšana sastopas ar nopietnām problēmām situācijās, kad neparedzētu cilvēku vai arī interneta pieslēguma pārtraukumu gadījumā, izveidojas nestandarta situācijas. Šo problēmu risinājums, kad biznesa procesu ietekmē notikumi ārpus informācijas sistēmas, tika meklēts izpildes laika verificācijā.

Lai nodrošinātu nepieciešamo verificāciju, verificācijas mehānisms tika papildināts ar jauniem datubāzēm nepieciešamiem notikumu verificēšanas aģentiem, tādējādi pārliecinoties par izpildes laika verificēšanas mehānisma paplašināmību. Tas nodrošināja esošo aģentu saskarņu aprobēšanu, kā arī ļāva identificēt potenciālas datu bāzu notikumu reģistrēšanas problēmas. Pamatā tās ir saistītas ar ierakstu datu pārmaiņu savlaicīgu identificēšanu.

Verificējot biļešu tirdzniecību netika konstatētas nozīmīgas procesa neatbilstības. Tā kā biļešu apmaksā un iegādāto biļešu izsūtīšana ir asinhroni procesi, tad var veidoties situācijas, kad biļetes lielas sistēmas noslodzes gadījumā pircējam tiek nosūtīta ar zināmu laika nobīdi. Lai novērstu pārpratumus, sistēmas īpašnieks ir noteicis, ka biļetei ir jābūt sagatavotai un nosūtītai ne ilgāk kā piecu minūšu laikā. Verifikācijas laikā tika konstatēts, ka lielākajā daļā gadījumu (98%) šis nosacījums arī tiek ievērots.

14. Ilgtermiņa tehnoloģiskā prognoze apakšprojekta ietvaros attīstītajiem zinātniskajiem un tehnoloģiskajiem virzieniem.

Prognoze atrodama [Projekts2_Prognoze] sadaļā 2.3.

4.posma

Zinātniskās publikācijas:

[SoSyM_SNIP] A.Kalnins, J.Barzdins. Metamodel Specialization for Graphical Language Support. To be published in the journal of "Software and System Modeling (SoSyM)" (**Scopus SNIP>1**).

[LUMII_ViGiL] G. Barzdins, R. Liepins, P. F. Barzdins, D. Gosko. dBaby: Grounded Language Teaching through Games and Efficient Reinforcement Learning. NIPS 2017 Workshop on Visually-Grounded Interaction and Language (ViGiL), 2017, Pieejams: <https://nips2017vigil.github.io/papers/2017/dBaby.pdf>

[LUMII_SemEval] N. Gruzitis, D. Gosko, G. Barzdins RIGOTRIO at SemEval-2017 Task 9: Combining machine learning and grammar engineering for AMR parsing and generation Proceedings of the 11th International Workshop on Semantic Evaluation (SemEval), 2017
<http://www.aclweb.org/anthology/S17-2159> (**būs SCOPUS**)

[LUMII_SUMMA] P. Paikens, G. Barzdins, A. Mendes, D. Ferreira, S. Broscheit, M. S. C. Almeida, S. Miranda, D. Nogueira, P. Balage, A. F. T. Martins SUMMA at TAC Knowledge Base Population Task 2016 Proceedings of the 9th Text Analysis Conference (TAC), 2017 Pieejams: <https://tac.nist.gov/publications/2016/participant.papers/TAC2016.summa.proceedings.pdf>

[RTU_1] Bartusevics, A., Lesovskis, A., Ponomarenko, V. Model-Driven Approach and Library of Reusable Source Code for Automation of IT Operations. Applied Computer Systems. Vol.21, 2017, pp.5-12. (**indexed in ISI Web of Science**)

[RTU_2] Novickis, L., Ponomarenko, V., Mitasiunas, A. Information Technology Transfer Model as a Bridge between Science and Business Sector". Procedia Computer Science, Vol.104, 2017, pp.120-126. (**indexed in Scopus**)

[RTU_3] Bartusevics, A. Novickis, L., Lesovskis, A. "An Approach for Development of Reusable Function Library for Automation of Continuous Processes", Procedia Computer Science, Vol.104, 2017, pp. 112-119. (**indexed in Scopus**)

[RTU_4] Bartusevics, A. Automation of Continuous Services: What Companies of Latvia Says about it?. Procedia Computer Science, Vol.104, 2017, pp.81-88. (**indexed in Scopus**)

[RTU_5] Ponomarenko, V., Novickis, L. A Review of Information Technology Transfer Process, Its Topicality, and Related Models. In: Rezekne Academy of Technologies. Rezekne: Rezekne Academy of Technologies, Vol. II, 2017, pp. 128.-132. (**indexed in Scopus**) (Ponomarenko_Novickis_2017a.pdf)

[RTU_6] Petrovica, S. Multi-level adaptation of an educational game to individual student's gameplay, knowledge and emotions. Proceedings of the 9th Annual International Conference on Education and New Learning Technologies, 2017, pp. 2220-2230. (**to be indexed in ISI Web of Science**)

[RTU_7] Pudane, M. Classification of Agent-Based Models from the Perspective of Multi-Agent Systems. Proceedings of the 5th IEEE Workshop on Advances in Information, Electronic and Electrical Engineering AIEEE'2017, Latvia, Riga, November 24.-25., 2017. (**to be indexed in Scopus**) (Pudane_2017a.pdf)

[RTU_8] Pudane, M. Affective Multi-Agent System for Simulating Mechanisms of Social Effects of Emotions. Proceedings of Seventh International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction Workshops and Demos, 2017, pp. 129-134. (**to be indexed in Scopus**) (Pudane_2017a.pdf)

[RTU_9] Ponomarenko V., Novickis L. Sustainable development and improvement of the Semantic Web Portal.

International Journal of Computers, Volume 2, 2017, pp. 74–79. (Ponomarenko_Novickis_2017b.pdf)

Populārzinātniskās publikācijas

[ps_pubRTU] Petrovica, S., Pudane, M., Anohina-Naumeča, A., Lavendelis E. Why Computer Systems Need Emotional Intelligence?. Innovation, Volume 1, 2017, pp. 20-21.

[ps_pub_LUMII_G] G.Bārzdiņa intervija laikraksta «Diena» pielikumā «SestDiena» 11.06.2017, <https://www.diena.lv/raksts/sestdiena/intervijas/neuzskata-vairs-par-kertu-14174110>

[ps_pub_LUMII_G] G.Bārzdiņš konsultants mākslas filmai «Tas, ko viņi neredz» http://www.tvnet.lv/izklaide/kino/622295-noskaties_tokalova_filmas_tas_ko_vini_neredz_reklamas_rulliti

Citi dokumenti:

[RTU_TechReport] Lavendelis, E. Prototype of adaptive multi-agent system. Technical report, Riga Technical University, 2017.

Tehnoloģiskā prognoze:

[Projekts2_Prognoze] „SOPHIS” 2nd project „, Ontology-based knowledge engineering technologies suitable for web environment” Long-term technological prognosis for R&D directions developed in the project. Pieejams: http://www.edi.lv/media/uploads/UserFiles/VPP_2pr_tehnologiska_prognozeF.pdf

Promocijas darbi:

[phd_LUMII_Rikacovs] Izstrādātas nodaļas Sergeja Rikačova (vad. prof. Jānis Bārzdiņš) promocijas darbā (plānota iesniegšana 2018. gadā)

[phD_LUMII_Paikens] Pēteris Paikens (vad. prof. Guntis Bārzdiņš) "RĪKU KOPA LATVIEŠU VALODAS SEMANTIKAS ANALĪZEI" (aizstāvēja 2017. gada 5. decembrī LU Datorzinātnes nozares promocijas padomē).

[phD_LUMII_Locans] Uldis Locāns (vad. prof. Guntis Bārzdiņš) "Future Processor Hardware Architectures for the Benet of Precise Particle Accelerator Modeling” (aizstāvēja 2017. gada 3. oktobrī LU Datorzinātnes nozares promocijas padomē).

Maģistra darbi:

[LUMII_Dorbe] Nauris Dorbe, "BEZPILOTU MAŠĪNU APMĀCĪBA IZMANTOJOT STIMULĒTĀS MĀCĪŠANĀS MĀKSLĪGOS DZIĻOS NEIRONU TĪKLUS KOOPERATĪVĀS BRAUKŠANAS SISTĒMĀ". (Zinātniskais vadītājs prof. Guntis Bārzdiņš. Aizstāvēts LU DF 06.2017)

[DF_Baiza] Ilga Baiža Prioritāšu mehānisma izmantošana analītisko algoritmu testēšanā. (Zinātniskais vadītājs prof. Jānis Bičevskis. Aizstāvēts LU DF 06.2017)

[DF_Semjonova] Agnese Semjonova Integrācijas testēšanas efektivitātes uzlabošanas vadlīniju izstrāde. (Zinātniskais vadītājs prof. Jānis Bičevskis. Aizstāvēts LU DF 06.2017)

[RTU-Rocque] Swathi Christina Rocque. Atbalsts MVU pārejai no tradicionālajām uz mākoņpakalpojumu URP.// Towards Supporting Switching from Traditional System to Cloud ERP for SME (Zinātniskā vadītāja prof. M. Kirikova. Aizstāvēts RTU DITF 01.2017.)

[RTU-Stepanova] Elza Stepanova. Nepārtrauktas prasību inženierijas metode mobilo lietotņu izstrādei.// Continuous Requirements Engineering Method for Mobile Application Development (Zinātniskā vadītāja prof. M. Kirikova. Aizstāvēts RTU DITF 02.2017.)

[RTU-Ivanova] Anna Ivanova. Prasību inženierija programmizstrādē ar spējo metodi Scrum.// Requirements Engineering in Agile Scrum Software Development (Zinātniskā vadītāja prof. M. Kirikova. Aizstāvēts RTU DITF 06.2017.)

[RTU-Bucena] Ineta Būcena. DevOps ieviešanas iespējas mazām izstrādes grupām.// DevOps Adoption for Very Small Entities (Zinātniskā vadītāja prof. M. Kirikova. Aizstāvēts RTU DITF 06.2017.)

[RTU-Moncada] Idania Lizbeth Rodriguez Moncada. Mācību analītika prasmju attīstīšanas atbalstam.// Learning analytics for skill development support (Zinātniskā vadītāja prof. M. Kirikova. Aizstāvēts RTU DITF 06.2017.)

[RTU-Purmalietis] Kaspars Purmalietis. Nepārtraukta prasību inženierija iesācējuzņēmumos.// Continuous Requirements Engineering for Start-Ups (Zinātniskā vadītāja prof. M. Kirikova. Aizstāvēts RTU DITF 06.2017.)

[RTU-Pavlovs] Vitālijs Pavlovs. Grafu algoritmu izmantošana informācijas plūsmu analizē.// Information Flow Analysis Using Graph Algorithms (Zinātniskā vadītāja prof. M. Kirikova. Aizstāvēts RTU DITF 01.2017.)

[RTU-Naveez] Muhammad Naveez. Audzēja un imunitātes savstarpējo mijiedarbību izskaidrojoša tīkla rekonstrukcija sporādiska kolorektālā vēža audzēja invazīvajā frontē.// Reconstruction of a network accounting for the tumor immunity interaction in the invasive front of sporadic colorectal cancer tumors (Zinātniskais

vadītājs prof. J. Grundspenķis. Aizstāvēts RTU DITF 06.2017.)
 [RTU-Stasko] Arnis Staško. Daudzaģentu sistēmas politiski nozīmīgu personu noteikšanai izstrāde.// Multi-agent System Development for Identification of Politically Exposed Persons (Zinātniskais vadītājs prof. J. Grundspenķis. Aizstāvēts RTU DITF 06.2017.)
 [RTU-Patel] Himanshu Prakashbhai Patel. Daudzaģentu sistēmu efektīvas projektēšanas metodoloģiju novērtēšana.// Evaluation of methodologies for efficient multi agent system projects (Zinātniskais vadītājs prof. J. Grundspenķis. Aizstāvēts RTU DITF 06.2017.)
 [RTU-Gao] Siyuan Gao. Izklidēta mākslīgā intelekta realizācijas metožu analīze un novērtēšana.// Analysis and evaluation of methods for implementation of distributed artificial intelligence (Zinātniskais vadītājs prof. J. Grundspenķis. Aizstāvēts RTU DITF 06.2017.)
 [RTU-Vasilevska] Alīna Vasiļevska. Skaitļošanas intelekta paradigmu lietojums intelektuālo aģentu vadības mehānisma izstrādei.// Application of Computational Intelligence Paradigms in the Development of Intelligent Agent Control Mechanism (Zinātniskais vadītājs prof. J. Grundspenķis. Aizstāvēts RTU DITF 06.2017.)

2.2.5. Projekta Nr. 2 apgūtais finansējums (euro)

		Plānots 2014.– 2017. g.	1. posms	2. posms	3. posms	4. posms	Kopā
1000– 9000*	IZDEVUMI – KOPĀ	806251	155792	190 536	162757	297165	806251
1000	Atlidzība	644470	114013	160284	124883	255742	654922
2000	Preces un pakalpojumi (2100+2200)	161781	29655	25935	21221	38969	115780
2100	Mācību, darba un dienesta komandējumi, dienesta, darba braucieni	46363	8066	6484	7553	8126	30229
2200	Pakalpojumi	103436	21589	19436	13668	30843	85536
2300	Krājumi, materiāli, energoresursi, preces, biroja preces un inventārs			15	0	0	22664
5000	Pamatkapitāla veidošana		12124	4317	3769	2454	654922

* Minētie skaitļi ir budžeta finansēšanas klasifikācijas kodi.

2.2.6. Projekta Nr. 2 rezultatīvie rādītāji

(Norāda pārskata periodā plānotos un sasniegtos rezultatīvos rādītājus. Informāciju atspoguļo tabulā un pielikumā)

Rezultatīvais rādītājs	Rezultāti						
	plānots 2014.– 2017. g.	Sasniegts					
		Gads					
	kopā	1.posms	2.posms	3.posms	4.posms		
Zinātniskie rezultatīvie rādītāji							
1. Zinātnisko publikāciju skaits:	26	65	8	16	28	13	
oriģinālo zinātnisko rakstu (SCOPUS) (SNIP > 1) skaits	4	2**	0	0	1	1	
Oriģinālo zinātnisko rakstu <u>IEEEExplore, ACM DL, SCOPUS, Web of science</u> datubāzēs iekļautajos izdevumos skaits	22	48	6	12	21	9	
Citu oriģinālo zinātnisko rakstu skaits	-	15	2	4	6	3	
Sagatavotas un iesniegtas		4		1	3		
2. Programmas ietvaros aizstāvēto							

darbu skaits:							
promocijas darbu skaits	9	8***	1	3	2	2	
maģistra darbu skaits	22	38	6	1	16	15	
3. Uzlaboto studiju kursu skaits	5	5			1	4	
4. Pētniecība							
4.1 programmatūras prototipi	3	15		2	6	7	
4.2 Metodikas, apraksti	8	16	2	2	4	8	
4.3 Maketi, prototipi, tehnoloģijas	-	1			1		
4.4 iesaiste starptautiskajos projektos	-	2		1		1	
Programmas popularizēšanas rezultatīvie rādītāji							
1. Programmas gaitas un rezultātu popularizēšanas interaktīvie pasākumi, kuru mērķu grupās iekļauti arī izglītojamie, skaits:							
konferences	14	20		3	9	8	
semināri	-	4	-	1	1	2	
rīkotie semināri	9	9	1	3	2	3	
rīkotās konferences	1	3		1	1	1	
populārzinātniskas publikācijas	3	3				3	
izstādes	-						
2. Ilgtermiņa tehnoloģiskā prognoze programmas ietvaros attīstītajiem zinātniskajiem un tehnoloģiskajiem virzieniem	1	1				1	
Tautsaimnieciskie rezultatīvie rādītāji							
1. Zinātniskajai institūcijai programmas ietvaros piesaistītā privātā finansējuma apjoms, t. sk.:							
1.1. privātā sektora līdzfinansējums programmā iekļauto projektu īstenošanai							
1.2. ieņēmumi no programmas ietvaros radītā intelektuālā īpašuma komercializēšanas (rūpnieciskā īpašuma tiesību atsavināšana, licencēšana, izņēmuma tiesību vai lietošanas tiesību piešķiršana par atlīdzību)							
1.3. ieņēmumi no līgumdarbiem, kas balstās uz programmas ietvaros radītajiem rezultātiem un zinātnības	320000	1402545	197500	1160000*	45 045		
1.4 Zinātnisko institūciju līdzfinansējums no pašu līdzekļiem programmas izpildei (EUR):	10000	10000			9451	549	
2. Programmas ietvaros pieteikto, reģistrēto un spēkā uzturēto patentu vai augu šķirņu skaits:							
Latvijas teritorijā	-	-					
ārpus Latvijas	-	-					

3. Programmas ietvaros izstrādāto jauno tehnoloģiju, metožu, prototipu vai pakalpojumu skaits, kas aprobēti uzņēmumos	6	7		2	0	5	
4. Ieviešanai nodoto jauno tehnoloģiju, metožu, prototipu, produktu vai pakalpojumu skaits (noslēgtie līgumi par intelektuālā īpašuma nodošanu)	-	-					
5. Izveidots jauns (spin-off) uzņēmums	0						
6. Zinātnisko institūciju ieņēmumi no sinerģiskiem pētniecības projektiem (EUR)	0	941417			891417	50000	

* Eiropas IKT pētniecības projekts SUMMA, kas ir iegūts, izmantojot VPP izstrādes, un kurš norisināsies no 2016. gada 1. februāra līdz 2019. gada 31. janvārim. Projektu realizē SIA „LETA” un VPP iesaistītie LUMII pētnieki.

** Trūkstošie oriģinālie zinātniskie raksti (*SCOPUS*) (SNIP > 1) tiek kompensēti ar 26 oriģināliem zinātniskiem rakstiem IEEEExplore, ACM DL, SCOPUS, Web of science datubāzēs iekļautajos izdevumos.

*** Izstrādātas nodaļas Sergeja Rikačova (vad. prof. Jānis Bārzdiņš) promocijas darbā (plānota iesniegšana 2018. gadā)

Projekta Nr. 2 vadītājs

_____ (paraksts¹)

Jānis Bārzdiņš
(vārds, uzvārds)

01.2018.g.
(datums¹)

2.3. BIOFOTONIKA: attēlošana, diagnostika un monitorings

2.3.1. Projekts Nr. 3

nosaukums

BIOFOTONIKA: attēlošana, diagnostika un monitorings

projekta vadītājs:

vārds, uzvārds,
zinātniskais grāds
zinātniskā institūcija

Jānis Spīgulis

Dr.habil.phys.

Latvijas Universitātes Atomfizikas un spektroskopijas institūts (LU ASI)

amats

LU profesors, ASI Biofotonikas laboratorijas vadītājs

kontakti

Tālrunis 29485347; 67228249

E-pasts janis.spigulis@lu.lv

2.3.2. Projekta Nr. 3 mērķi

(Norāda projekta mērķi (saskaņā ar apstiprināto projekta pieteikumu un līgumu) un informāciju par mērķa sasniegšanu/izpildi)

1. Attīstīt inovatīvas tehnoloģijas neinvazīvai bioobjektu attēlu iegūšanai un apstrādei. Projektā izstrādātas vai pilnveidotas 6 attēlošanas tehnoloģijas.
2. Izstrādāt un aprobēt jaunas uz attēliem bāzētas klīniskās diagnostikas un monitoringa metodikas. Projektā izstrādātas un aprobētas 6 klīniskās metodikas.
3. Sadarbībā ar tautsaimniecības partneriem aprobēt un ieviest jaunās izstrādnes veselības aprūpē un ar to saistītās tautsaimniecības jomās, radīt pamatu konkurētspējīgu produktu un pakalpojumu izveidei. Projektā izstrādātās metodes un tehnoloģijas aprobētas un sekmīgi tiek izmantotas klīniskajā praksē Traumatoloģijas un Ortopēdijas slimnīcā un RAKUS Latvijas Onkoloģijas centrā; klīniskie pētījumi ar tām veikti arī Lāzerplastikas klīnikā un Profesora Jāņa Ķīša dermatoloģijas klīnikā.

2.3.3. Projekta Nr. 3 uzdevumi

(Norāda projekta pārskata periodā plānotās darbības un galvenos rezultātus. Kopējais saturiskais izklāsts nepārsniedz divas A4 lapas)

Projekta pieteikumā izvirzīti sekojoši darba uzdevumi:

1. Izstādāt un eksperimentāli aprobēt jaunas attēlošanas tehnoloģijas:
 - 1.1. Tehnoloģija vairāku monohromatisku spektrālo attēlu iegūšanai no viena digitāla krāsu attēla datiem.
 - 1.2. Videoattēlošanas tehnoloģija sirdsdarbības un asinsrites parametru bezkontakta monitoringam tuvajā infrasarkanajā spektra diapazonā.
 - 1.3. Infrasarkanā diapazona attēlošanas tehnoloģijas biometrijai un audu stāvokļa kvantitatīvam novērtējumam.
2. Izstādāt metodes, algoritmus un programmas iegūto attēlu operatīvai un efektīvai apstrādei, t.sk. objektu parametrisko karšu aprēķiniem.
3. Pilnveidot programmnodrošinājumu ādas multimodālās attēlošanas prototipa ierīcei, aprobēt to klīniski un veikt tehnoloģijas pārnesei.
4. Attīstīt jaunas koncepcijas, metodikas un tehnoloģijas bezkontakta, neinvazīvai un minimāli invazīvai diagnostiskai attēlošanai.
5. Veikt izstrādāto metodiku, programmatūru un maketierīču pre-klīnisko aprobāciju nelielās (20-50 cilv.) pacientu grupās.

Minēto uzdevumu realizācijai ir veiktas sekojošas aktivitātes, kas apkopotas tabulā, kur norādīti arī sasniegtie rezultāti.

Nr. p.k.	Projekta aktivitāte	Apraksts	Rezultāts	Plānotais Skaits/ Mērvienība	Sasniegtais*
A1.	Pētniecība	A1.1. Pētījumi jaunu attēlošanas tehnoloģiju izveidei A1.2. Bioobjektu attēlu apstrāde un diagnostikā attēlošana A1.3. Optiskās diagnostikas un monitoringa maketierīču izstrāde	Jaunas bioobjektu attēlošanas tehnoloģijas	3	6
			Programmu paketes jauno tehnoloģiju realizācijai	3	4
			Jaunas maketierīces	3	4
			Pilnveidota prototipa ierīce	1	1
A2.	Tehnoloģiju aprobācija un pārnese	A2.1. Maketierīču un programmatūru klīniskā aprobācija A2.2. Tehnoloģiju pārnese	Klīniski aprobētas maketierīces ar jaunizstrādātu programmatūru	3	4
			Patentu pieteikumi	2	4
A3.	Izglītība	A3.1. Rezultātu	Studiju kursi,	2	

		izmantošana studiju kursos A3.2. Promocijas un maģistra darbu izstrāde	kuros izmantoti projekta rezultāti Promocijas darbi par projekta tematiku Maģistra darbi par projekta tematiku	2 6	2 6
A4.	Publicitāte un tehnoloģiskā prognozēšana	A4.1. Konferenču ziņojumi A4.2. Zinātniskās publikācijas A4.3. Zinātnes popularizēšana sabiedrībā A4.4. Virziena attīstības tehnoloģiskā prognozēšana	Ziņojumi starptautiskās konferencēs Publikācijas starptautiski citētos izdevumos Zinātnes popularizēšanas pasākumi Prognoze biofotonikas virziena attīstībai	7 11 4 1	26 16 4 1

*) detaļas zemāk un pielikumā – zinātniskajā atskaitē un publikācijās

2.3.4. Projekta Nr. 3 izvirzīto uzdevumu izpildes rezultāti

(Novērtē, kādā mērā ir sasniegti plānotie mērķi un uzdevumi. Raksturo rezultātu zinātnisko un praktisko nozīmību, kā arī rezultātu praktisko lietojumu (lietišķiem pētījumiem). Raksturo problēmas, to iespējamus risinājumus, turpmākā darba virzienus. Kopējais saturiskais izklāsts nepārsniedz četras A4 lapas)

Projekta izvirzīto uzdevumu pētnieciskās aktivitātes un to rezultāti sīkāk izklāstīti zinātniskā pārskata pielikuma dokumentos (pielikumā). Šeit sniegts galveno rezultātu konspektīvs izklāsts.

1.1. Projektā kopumā izstrādātas vai pilnveidotas 6 inovatīvas attēlošanas tehnoloģijas:

- Jauns spektrālās attēlošanas princips - monohromatiska attēlošana šaurā (< 1nm) spektra joslā, objekta apgaismojumam izmantojot tikai diskretas spektrālīnijas – pielikums, 1.nod.
- 3 monohromatisku attēlu iegūšana ar vienu «knipsi», objektu apgaismojot ar 3 lāzeru spektrālīnijām – pielikums, 1.nod.
- «Dubultknipša» tehnoloģija: 4- 6 monohromatiski attēli no divu RGB attēlu datiem
- PPGI - fotopletizmogrāfiskā video-attēlošana tuvā infrasarkanā un kombinētā (NIR+zaļā) LED apgaismojumā – pielikums, 1.nod.
- Kombinēta PPGI un termiskā attēlošana (t.sk. savietojot abus attēlus projekcijā) – pielikums, 2.nod.
- Attēlošanas tehnoloģija naudas zīmju viltojumu atklāšanai – pielikums, 1.nod.

1.2. Izveidotas 4 jaunas programmatūras paketes., 2. un 3. nod.:

- Ādas hromoforu sadalījuma kartēšanai, izmantojot monohromatiskus spektrālos attēlus, kas iegūti 3, 4 un 5 lāzerlīniju apgaismojumā (algoritmi pielikuma 1.nod.)
- Uzlabotas izšķirtspējas fotopletizmogrāfisko attēlu iegūšanai (algoritmi pielikuma 2.nod.)
- Lokālās anestēzijas efektivitātes monitoringam plaukstas operāciju laikā (algoritmi pielikuma 2.nod.)
- Ādas optisko parametru noteikšanai tuvajā infrasarkanajā spektra diapazonā (algoritmi pielikuma 3.nod. un projekta 2. un 3. posmu atskaitēs)

1.3. Pilnveidota 1 prototipa ierīce (*SkImager*, pilnveidojumi aprakstīti 1. un 2. posmu atskaitēs)

1.4. Klīniski aprobētas 8 maketierīces ar jaunizstrādātu programmatūru:

1) Viedtālrunis ar 3 lāzerlīniju apgaismotāju ādas HbO, Hb un Mel kartēšanai – pielikums, 1.nod.

2) 4 lāzerlīniju apgaismotājs ar viedtālruna kameru ādas HbO, Hb, Mel un Blr kartēšanai – pielikums, 1.nod.

3) 5 lāzerlīniju apgaismotājs ar CMOS kameru ādas HbO, Hb, Mel, Blr un lipīdu kartēšanai – pielikums, 1.nod.

4) Viedtālrunis ar 405nm LED apgaismotāju ādas audzēju fluorescences attēlošanai – publikācija [4]

5) Mazizmēra (4x4x4 cm) PPGI mērierīce ar NIR-LED apgaismotāju ādas mikrocirkulācijas (perfūzijas) kartēšanai - – pielikums, 2.nod.

6) Specializētā PPGI mērierīce ar NIR un zaļo LED apgaismotājiem anestēzijas kontrolei plaukstas ķirurģijas laikā – pielikums, 2.nod.

7) PPGI kamera ar stiprinājumu pie operāciju lampas - – pielikums, 2.nod.

8) NIR attēlošanas/spektroskopijas ierīce ādas mitruma novērtējumam - – pielikums, 3.nod.

1.5. Sagatavoti un iesniegti 4 patentu pieteikumi

- LV 15106 B, 2016. - Paņēmiens un ierīce hromoforu kartēšanai vairāku spektrālīniju apgaismojumā.
- LV P-17-17, 2017. - Ierīce no spekliem brīvu attēlu iegūšanai izkliedētu lāzeru staru apgaismojumā.
- PCT/EP2017/063565, 2017. - Device for speckle-free imaging under laser illumination.
- LV P-17-78, 2017. - Metode krāsainu viltojumu atklāšanai.

1.6. Projekta rezultāti izmantoti divos LU FMF studijuursos:

- Biofotonika, Fizi5094
- Lāzeru fizika, Fizi3034

1.7. Par projekta tematiku aizstāvēti 2 promocijas darbi - I.Saknīte (2015) un V.Lukinsone (2017).

1.8. Par projekta tematiku aizstāvēti 6 maģistra darbi – O.Ļašuka un J.Bauers (2015), R.Janovskis (2016) un I.Ošiņa, A.Dzērve un G.Tunēns (2017).

1.9. Sniegti 26 ziņojumi starptautiskās konferencēs (saraksts pielikumā).

1.10. Publicēti 16 raksti SCOPUS citētos izdevumos, t.sk 4 ar SNIP>1 (saraksts pielikumā).

1.11. Noorganizēti 4 zinātnes popularizācijas pasākumi ar projekta rezultātu prezentācijām – Zinātnieku naktis LU ASI 2014., 2015., 2016. un 2017.g. septembrī.

1.12. Balstoties uz konferences “Biophotonics Riga – 2017” ekspertu diskusijas rezultātiem, sagatavota tehnoloģiskā prognoze biofotonikas virziena turpmākai attīstībai.

Rezumējot, projekta plānotie mērķi un uzdevumi ir sasniegti un dažās pozīcijās arī pārsniegti. Oriģinālās attēlošanas tehnoloģiju metodikas aprobētas laboratorijas un klīnikas apstākļos un

apstiprināta to izmantošanas iespēja ādas patoloģisko veidojumu un mikrocirkulācijas parametru kartēšanai ar bezkontakta metodēm. Tas ir nozīmīgi klīniskajai diagnostikai un monitoringam, jo pacientam draudzīgā veidā iegūstama objektīva kvantitatīva informācija par veselības stāvokli.

Zinātnisko nozīmību nosaka izstrādāto tehnoloģiju novitāte, kas apliecināta ar 4 Latvijas un ārzemju patenti pieteikumiem, kā arī ar 16 starptautiska līmeņa publikācijām un 26 konferenču ziņojumiem 10 dažādās pasaules valstīs. Projekta rezultāti tiek praktiski izmantoti Traumatoloģijas un Ortopēdijas slimnīcā (bezkontakta anestēzijas iedarbības kontrole operācijās) un RAKUS Latvijas Onkoloģijas centrā (ādas audzēju bezkontakta diagnostikai).

2.3.5. Projekta Nr. 3 apgūtais finansējums (euro)

		Plānots 2014.– 2017. g.	1. posms	2. posms	3. posms	4. posms	Kopā
1000– 9000	IZDEVUMI – KOPĀ	372870	66325	84419	82158	121 798	354700*
1000	Atlīdzība	310739	39 206	71355	73858	49733	194946
2000	Preces un pakalpojumi (2100+2200+2300)	62131	12 178	13063	8300	34285	55648
2100	Mācību, darba un dienesta komandējumi, dienesta, darba braucieni	8500	5310	0	584	12940	18834
2200	Pakalpojumi	39091	6655	8442	7216	21345	43658
2300	Materiāli			4621	500	2727	7848
5000	Pamatkapitāla veidošana	0	0	0	0	35 051	35051

* Daļa no Projekta Nr. 3 Biometrijas uzdevumiem tika pārnesti un izpildīti Projekta Nr.1 ietvaros. Uzdevumu finansējums tika pārnest uz Projekta Nr.1 sadaļu.

2.3.6. Projekta Nr. 3 rezultatīvie rādītāji

(Norāda pārskata periodā plānotos un sasniegtos rezultatīvos rādītājus. Informāciju atspoguļo tabulā un pielikumā)

Rezultatīvais rādītājs	Rezultāti						
	plānots	sasniegts					
	2014.– 2017. g.	gads					
	kopā	1.posms	2.posms	3.posms	4.posms		
Zinātniskie rezultatīvie rādītāji							
1. Zinātnisko publikāciju skaits:	11	18	1	3	3	11	
1.1. oriģinālo zinātnisko rakstu (SCOPUS) (SNIP > 1) skaits	4	4	0	1	0	2 + 1*	
1.2. Oriģinālo zinātnisko rakstu IEEEExplore, ACM DL, SCOPUS,	7	12	1	1	3	7	

Web of science datubāzēs iekļautajos izdevumos skaits							
1.3. recenzētu zinātnisku monogrāfiju skaits	0	1	0	0	0	1	
1.4 Citu oriģinālo zinātnisko rakstu skaits	0	1	0	1	0	0	
2. Programmas ietvaros aizstāvēto darbu skaits:							
2.1. promocijas darbu skaits	2	2	0	1	0	1	
2.2. maģistra darbu skaits	6	6	2	0	1	3	
2.3. bakaluru darbu skaits	0	4	2	0	0	2	
3. Uzlaboto studiju kursu skaits	2	2	0	0	1	1	
4. Pētniecība							
4.1 programmatūras prototipi	3	4	0	0	1	3	
4.2 Metodikas apraksti	3	3	3	0	0	0	
4.3 Maketi, prototipi, tehnoloģijas	3	6	0	3	1	2	
4.4 iesaiste starptautiskajos projektos	0	1	0	0	1	0	
Programmas popularizēšanas rezultātīvie rādītāji							
1. Programmas gaitas un rezultātu popularizēšanas interaktīvie pasākumi, kuru mērķu grupās iekļauti arī izglītojamie, skaits:							
konferences	7	26	5	5	6	10	
semināri	4	5	1	2	1	1	
rīkotie semināri	5	5	1	1	1	2	
populārzinātniskas publikācijas	4	4	0	0	2	2	
izstādes	2	2	0	1	1	0	
2 Ilgtermiņa tehnoloģiskā prognoze programmas ietvaros attīstītajam zinātniskajam un tehnoloģiskajam virzieniem Biofotonika	1	1	0	0	0	1	
Tautsaimnieciskie rezultātīvie rādītāji							
1. Zinātniskajai institūcijai programmas ietvaros piesaistītā privātā finansējuma apjoms, t. sk.:							
1.1. privātā sektora līdzfinansējums programmā iekļauto projektu īstenošanai	10 000	70820	0	0	70820	0	
1.2. ieņēmumi no programmas ietvaros radītā intelektuālā īpašuma komercializēšanas (rūpnieciskā īpašuma tiesību atsavināšana, licencēšana, izņēmuma tiesību vai lietošanas tiesību piešķiršana	0	0	0	0	0	0	

par atlīdzību)							
1.3. ieņēmumi no līgumdarbiem, kas balstās uz programmas ietvaros radītajiem rezultātiem un zinātības	10 000	11 255	0	0	1755	9500	
1.4 Zinātnisko institūciju līdzfinansējums no pašu līdzekļiem programmas izpildei (EUR):	12000	52 793	0	16 874	25 719	10 200	
2. Programmas ietvaros pieteikto, reģistrēto un spēkā uzturēto patentu vai augu šķirņu skaits:							
Latvijas teritorijā	2	3	0	1	0	2	
ārpus Latvijas	2	1**	0	0	0	1	
3. Programmas ietvaros izstrādāto jauno tehnoloģiju, metožu, prototipu vai pakalpojumu skaits, kas aprobēti uzņēmumos	3	4	1	0	3	0	
4. Ieviešanai nodoto jauno tehnoloģiju, metožu, prototipu, produktu vai pakalpojumu skaits (noslēgtie līgumi par intelektuālā īpašuma nodošanu)	2	2	0	0	0	2***	
5. Izveidots jauns (spin-off) uzņēmums	1	0****	0	0	0	0	
6. Zinātnisko institūciju ieņēmumi no sinerģiskiem pētniecības projektiem (EUR)	0	29376	0	0	0	29376	

*) iesniegts 2017.g.

***) Tika plānots iesniegt vēl vienu PCT pieteikumu uz 2016.g. LV patenta bāzes, bet pārpratuma dēļ nokavējām iesniegšanas termiņu. Savukārt virs plāna iesniegts viens LV patenta pieteikums.

****) Līgumi par rezultātu ieviešanu TOS un RAKUS LOC ir sagatavoti, saskaņoti ar partneriem un nodoti juristiem galīgam noformējumam.

*****) Spin-off uzņēmumu bija plānots veidot 4 patentēto risinājumu komercializācijai, bet 3 no tiem vēl atrodas ekspertīzes fāzē.

Projekta Nr. 3 vadītājs

_____ (paraksts¹)

Jānis Spīgulis

(vārds, uzvārds)

.01.2018.

(datums¹)

2.4. Tehnoloģijas drošai un uzticamai gudrajai pilsētai

2.4.1. Projekts Nr. 4.

nosaukums

projekta vadītājs:

vārds, uzvārds,

zinātniskais grāds

zinātniskā institūcija

amats

kontakti

Tehnoloģijas drošai un uzticamai gudrajai pilsētai

Ints Mednieks

Dr.sc.comp.

Elektronikas un datorzinātņu institūts

Vadošais pētnieks

Tālrunis

67558112

E-pasts

mednieks@edi.lv

2.4.2. Projekta Nr. 4 mērķi

(Norāda projekta mērķi (saskaņā ar apstiprināto projekta pieteikumu un līgumu) un informāciju par mērķa sasniegšanu/izpildi)

2.4.2. Projekta Nr. 4 mērķi

(Norāda projekta mērķi (saskaņā ar apstiprināto projekta pieteikumu un līgumu) un informāciju par mērķa sasniegšanu/izpildi)

1. Nodrošināt pilsētas centralizētu monitoringu drošības vajadzībām, balstoties uz datu ievākšanu no video un citiem sensoriem, kas izvietoti visā pilsētas teritorijā, šo datu ātru pārraidi un efektīvu apstrādi, izmantojot augstas veiktspējas datu apstrādes tehnoloģijas, lai atpazītu konkrētus drošības apdraudējumus un brīdinātu par tiem;

Projekts koncentrējās uz video datu savākšanu no vairākiem punktiem pilsētā, un nosūtīšanu uz datu centru apstrādei. Tika izstrādāta un aprobēta jauna WDM-PON pārraides tehnoloģija, kas balstās ar pilnīgi optisku sakaru kanālu izdalīšanas un pievienošanu. Dziļie mākslīgie neironu tīkli tika izvēlēti par pamatu datu apstrādes metožu izstrādē. Tika izstrādātas un īstenotas programmatūrā divas metodes video un citu sensoru datu apstrādei pilsētu drošības problēmu risināšanai, kas balstītas uz dziļo neironu tīklu izmantošanu, un realizētas augstas veiktspējas (HPC) platformā. Viena no tām tika aprobēta reālās dzīves apstākļos.

2. Veicināt tālzipētes (satelītu vai lidmašīnās bāzētu sensoru) datu izmantošanu ārkārtas situāciju kontrolei un pilsētas zaļās zonas dinamiskai monitorēšanai, pārveidojot tajos paslēpto informāciju karšu formā, kurās ilustrēti ārkārtas situāciju vai pilsētvidi raksturojoši parametri un to izmaiņas;

Izstrādātas trīs jaunas metodes un algoritmi, multispektrālu un hiperspektrālu tālzipētes datu apstrādei zemes izmantošanas monitoringa vajadzībām. Tika izstrādāta un aprobēta programmatūra plūdu simulācijai.

3. Attīstīt mobilas uz ultraplātjoslas (UWB) antenu masīvu radaru balstītas attēlveidošanas tehnoloģijas pilsētas pazemes infrastruktūras kartēšanai un drošības sistēmu uzlabošanai darbam aprūtinātas vai neiespējamās tiešās redzamības apstākļos, t.sk. izskatot iespēju bezvadu radarattēlu datu pārraidei izmantot 60GHz diapazonu;

Tika izstrādāta drošības monitoringa tehnoloģija, kas izmanto UWB sensorus, un aprobēta reālās dzīves apstākļos.

4. Risināt pilsētas ūdensapgādes sistēmas bakterioloģiskā drošuma problēmas, izveidojot specializētu kontroles sistēmu.

Tika izstrādāta un aprobēta automātiska kontroles sistēma bakterioloģiskā piesārņojuma atklāšanai ūdens apgādes sistēmā.

Nr. p.k.	Projekta aktivitāte	Apraksts	Rezultāts	Plānotais Skaits/ Mērvienība	Sasniegtais (detalās pielikumā – zinātniskajā atskaitē un publikācijās)
A1.	Pētniecība	A1.1. Multi-sensoru datu iegūšanas punktu konfigurēšana	Multi-sensoru punktu specifikācija (zinātniska atskaite)	1	1
		A1.2. Jaunas optiskās datu pārraides tehnoloģijas izstrādāšana	Jauna optisko sakaru tehnoloģija	1	1
		A1.3. Video un cita veida datu analīzes metožu un algoritmu izstrāde	Jaunas datu apstrādes metodes	2	2
			Programmu paketes metožu realizācijai	1	1
		A1.4. Tālizpētes datu apstrādes pieeju izstrāde pilsētas drošības monitoringam	Jaunas datu apstrādes metodes Programmu paketes metožu realizācijai	2 1	3 1
		A1.5. Ultraplatjoslas tehnoloģiju un tās balstītu sistēmu izstrāde pilsētas drošības monitoringam.	Jauna ultraplattjoslas radaru tehnoloģija Jaunas maketierīces	1 1	1 2
A1.6. Pilsētas ūdensapgādes sistēmas bakterioloģiskās kvalitātes kontroles sistēmas izstrāde.	Jauna ūdensapgādes sistēmas kontroles sistēma	1	1		
A2.	Tehnoloģiju aprobācija un pārnese	A2.1. Maketierīču un programmatūras aprobācija	Uzņēmumos aprobētas tehnoloģijas	3	3
		A2.2. Tehnoloģiju pārnese	Uzņēmumos aprobētas programmatūras paketes	2	2
A3.	Izglītība	A3.1. Rezultātu izmantošana studijuursos	Studiju kursi, kuros izmantoti projekta rezultāti	3	3
		A3.2. Promocijas un maģistra darbu izstrāde	Promocijas darbi par projekta tematiku	5	4 + 3 priekš- aizstāvēti
			Maģistra darbi par projekta tematiku	17	16
A4.	Publicitāte un	A4.1. Konferenču	Ziņojumi	12	28

tehnoloģiskā prognozēšana	ziņojumi	starptautiskās konferencēs		
	A4.2. Zinātniskās publikācijas	Publikācijas starptautiski citētos izdevumos	21	36
	A4.3. Zinātnes popularizēšana sabiedrībā	Zinātnes popularizēšanas pasākumi	7	7
	A4.3. Gudro pilsētu attīstības tehnoloģiskā prognozēšana	Prognoze gudro pilsētu virziena attīstībai	1	1

2.4.3. Projekta Nr. 4 uzdevumi

(Norāda projekta pārskata periodā plānotās darbības un galvenos rezultātus. Kopējais saturiskais izklāsts nepārsniedz divas A4 lapas)

Projekta pieteikumā izvirzīti sekojoši darba uzdevumi:

1. Pilsētas centralizētas monitorēšanas pieejas izstrāde, izmantojot multi-sensoru datu iegūšanas punktus.
2. Liela apjoma sensoru datu pārsūtīšana uz datu apstrādes centru, izstrādājot augsti efektīvu optiskās šķiedras pārraides tehnoloģiju.
3. Signālapstrādes metožu un algoritmu izstrāde iepriekš definētu darbības vai notikumu scenāriju atpazīšanai pilsētas drošības veicināšanai; to realizācija, veicot inverso problēmu risināšanu un izmantojot augstas veiktspējas skaitļošanas resursus (*High Performance Computing- HPC*).
4. Pilsētu drošības monitorēšanas pieeju izstrāde, kas balstītas uz tālzipētes (satelītu vai lidmašīnās izvietotu sensoru) datu iegūšanu un apstrādi; to realizācija, izmantojot augstas veiktspējas paralēlās darbības skaitļošanas resursus.
5. Pilsētas infrastruktūras drošības monitoringa tehnoloģiju izstrāde, izmantojot ultraplātjoslas sensorus un risinot inversās problēmas objektu lokalizācijai.
6. Pilsētas ūdensapgādes sistēmas bakterioloģiskās kvalitātes kontroles sistēmas izstrāde.
7. Izstrādāto tehnoloģiju un risinājumu nodošana gala lietotājiem, stimulējot to izmantošanu tautsaimniecībā.

Minēto uzdevumu realizācijai ir veiktas sekojošas aktivitātes, kas apkopotas tabulā, kur norādīti arī sasniegtie rezultāti.

2.4.4. Projekta Nr. 4 izvirzīto uzdevumu izpildes rezultāti

(Novērtē, kādā mērā ir sasniegti plānotie mērķi un uzdevumi. Raksturo rezultātu zinātnisko un praktisko nozīmību, kā arī rezultātu praktisko lietojumu (lietišķiem pētījumiem). Raksturo problēmas, to iespējamus risinājumus, turpmākā darba virzienus. Kopējais saturiskais izklāsts nepārsniedz četras A4 lapas)

Projekta izpildei tika izveidotas 5 pētnieku grupas ar šādiem darbības virzieniem:

- EDI BIGDATA grupa izstrādāja metodes un programmatūru video un citu sensoru datu apstrādei pilsētas drošības uzdevumu risināšanai;
- EDI REMSENS grupa izstrādāja tālzipētes datu apstrādes metodes pilsētvides kontrolei;
- EDI RADAR grupa izstrādāja uz ultraplātjoslas radaru tehnoloģiju balstītus risinājumus pilsētas drošības sistēmu vajadzībām;
- RTU TI pētnieku grupa izstrādāja optisko sakaru tīklu risinājumus viedo pilsētu datu pārraidei;

- RTU ŪPL (agrāk lietots fakultātes saīsinājums RTU BF) pētnieku grupa izstrādāja risinājumus pilsētas ūdensapgādes sistēmas kontrolei.

Zinātniskās pētniecības aktivitātes un to rezultāti ir detalizēti šīs atskaites pielikumos (4.pielikumā un pielikumos 4.1 ... 4.15)- skatīt pievienotos failus. Šeit mēs piedāvājam saīsinātu ziņojumu par galvenajiem rezultātiem.

EDI BIGDATA grupa:

1. Apgūta mākslīgo “dziļo” neironu tīklu apmācības metodika un tās realizācija, izmantojot augstas veiktspējas skaitļošanas (High Performance Computing- HPC) vidi. Dziļās apmācības pieeja atzīta par visvairāk piemēroto metodi video un citu signālu satura analīzei. Gudro pilsētu datu analīze un turpmākie eksperimenti tika balstīti uz mākslīgo neironu tīklu ar dziļo apmācību izmantošanu. Tika izveidota un nokonfigurēta HPC vide dziļās apmācības tīklu realizēšanai. Tā sastāv no 12 EDI HPC serveriem ar NVIDIA Tesla K40 grafikas kartēm. Serveros darbojas Ubuntu operētājsistēma, kā arī Caffē, Torch un Tensorflow dziļo neironu tīklu apmācības sistēmas.

2. Sejas identifikācija attēlos. Cilvēka sejas attēli tika apstrādāti, veidojot unikālus objektu deskriptorus, un attiecīgi tika apmācīti dziļie neironu tīkli. Apmācīts dziļa neironu tīkls izveido pazīmju vektoru no jebkura attēla ar seju, ko var salīdzināt ar citu vektoru un atrast tā piederību klasei. Deskriptors ir balstīts uz AlexNet mākslīgo neironu tīkla (ANN) arhitektūru, kurš tiek apmācīts, izmantojot COLOR-FERET attēlu kopu. Eksperimenti liecina, ka apmācītie ANN beigās sasniedz 94% precizitāti seju atpazīšanā no COLOR-FERET frontālo attēlu apakškopas, kas satur vairāk nekā 100 klases testēšanas komplektā. Detalizētāk tas aprakstīts rakstā : K. Sudars, " Face Recognition Face2vec Based on Deep Learning: Small Database Case”, kas publicēts žurnālā “Automatic Control and Computer Science”.

3. Objektu skaitīšana videoklipos. Projekta laikā R.Kadiķis ir sagatavojis doktora darba "Efektīva metožu noteikšanai un raksturošanai kustīgu objektu video" melnrakstu, priekšizstrādājis to un ir gatavs saņemt doktora grādu tuvākajā nākotnē. Ir pabeigts darbs pie video analīzes un aprakstīts publikācijā: R.Kadikis, "Recurrent neural network based virtual detection line” (konferencē 10th International Conference on Machine Vision ICMV 2017, Vīne, Austrija). Izstrādāts rekurents neironu tīkls objektu skaitīšanai, kas šķērso līniju. Lai iegūtu marķētus datus kustīgu objektu detektoram, tika izpētītas divas pieejas. Viena no pieejām tika realizēta metodē un lietojumprogrammā daļēji automātiskai marķēšanai. Izmantojot šo pieeju, algoritms veic ātru, bet kļūdainu marķēšanu. Kļūdas var ērti izlabot cilvēks, izmantojot izstrādāto programmu ar grafisko interfeisu. Otrā pieeja tika balstīta uz sintētisku datu ģenerēšanu, izmantojot spēļu dzinēju. Izmantojot šo dzinēju, tika izstrādāta vienkāršota vide ar kustīgām sfērām. Šis modelis ļauj radīt lielu daudzumu marķētu datu, kas savukārt ļauj novērtēt, vai šī pieeja ir perspektīva sarežģītākās vidēs. Sistēma ir aprobēta reālā laika apstākļos. Tā apstrādā apsardzes videokameras datus auto skaitīšanai. Izstrādātā sistēma apkopo statistiku par autostāvvietu pie Turības universitātes. Sistēma ir veiksmīgi pārbaudīta, un tehnoloģija ir gatava lietošanai rūpniecībā.

4. Efektīva sensoru datu vākšana. Viens no galvenajiem rezultātiem efektīvas datu iegūšanas jomā ir K. Ozola disertācija: K.Ozols, "Asynchronous Data Acquisition of Electroencephalogram Signals". K. Ozols par to ir saņēmis doktora grādu Rīgas Tehniskajā universitātē. Pārējie rezultāti ir aprakstīti 3 zinātniskos rakstos.

EDI REMSENS grupa:

1. Teorētiskie pētījumi tālizpētes datu apstrādes jomā ir noveduši pie šādu jaunu metožu izstrādes, kas izmantojamās zemes seguma klasifikācijai viedajās pilsētās:

- 1.1. Metode datu klasifikācijai, kas iegūti no dažādiem avotiem ar atšķirīgu telpisko izšķirtspēju. Tā ļauj veikt sensoru datu sapludināšanu Baijesa klasifikatora ietvaros un apvienot vairākus sadalījumus, izstrādājot klasifikatoru. Iegūtie rezultāti liecina, ka ir iespējams uzlabot klasifikācijas precizitāti, ja datu apkopošana tiek veikta ierosinātajā veidā. Turklāt klasifikācijas precizitāte nedaudz uzlabojās, ja klasifikatora konstruēšanā tika izmantota vairāku varbūtību sadalījumu kombinēšana.
- 1.2. Divas informatīvu spektra joslu izvēles metodes hiperspektrālu attēlu klasifikācijai. Spektra joslu informativitāte tika novērtēta, pamatojoties uz to attēlu entropiju, bet korelācija starp spektra joslu attēliem tika izmantota, lai izvairītos no komplektā atlasīto joslu redundances. Visa izvēlēto joslu kopuma informativitāte tika novērtēta ar hiperspektrāliem attēlu klasifikācijas rezultātiem, izmantojot tikai datus no komplektā iekļautajām joslām. Tika parādīts, ka viena no ierosinātajām metodēm nodrošina augstāku klasifikācijas precizitāti nekā metodes, kas pazīstamas zinātniskajā literatūrā. Projekta laikā J.Siņica-Siņavskis ir sagatavojis un priekšizstāvējis doktora disertācijas melnrakstu par šo tēmu. Raksts par šo tēmu: A.Lorencs, I.Mednieks, J.Sinica-Sinavskis. " *Selection of Informative Hyperspectral Band Subsets Based on Entropy and Correlation* " ir sagatavots publicēšanai žurnālā International Journal of Remote Sensing (tiek prasīti nelieli labojumi).
- 1.3. Tika piedāvāta uz nestriktās loģikas balstīta pieeja jauktu pikseļu klasifikācijai satelītattēlos. Parādīts, ka šī pieeja ir daudzsoļīga, jo ļauj attīrīt apmācības datu kopas vadītājiem klasifikatoriem.

2. Tika izanalizētas problēmas, ar kurām jāsakaras, kad tiek īstenota viedo pilsētu veģetācijas kartēšana no satelītattēliem, un radīti praksē izmantojami programmu rīki šo uzdevumu risināšanai.

3. No LIDAR datiem tika izstrādāti zemes augstuma modeļi ar augstu telpisko izšķirtspēju un precizitāti. Izstrādāta programmatūra, kas ļauj simulēt plūdu situāciju, balstoties uz šādiem modeļiem. Šī programmatūra aprobēta Ādažu pašvaldībā un konstatēts, ka tā ir noderīga jaunu dambju plānošanai un informatīvo pakalpojumu sniegšanai iedzīvotājiem.

EDI RADAR grupa:

1. Tika uzlabota tuvas darbības ultraplātjoslas (UWB) radaru tehnoloģija. Izstrādātas divu jaunu sensoru prototipi:

- 1.1. Miniaturizēts UWB radara sensors, ar ekranizētu Bow-Tie tipa antenu.
- 1.2. Universāla UWB radara prototips plašam pielietojumu spektram. Šis prototips tika aprobēts reālos apstākļos SIA "VPWash".

2. Šādi pielietojumu uzdevumi atrisināti, izmantojot UWB radaru tehnoloģiju:

- 2.1. Ledus biezuma mērījumi. Sasniegtā precizitāte labāka nekā 98%;
- 2.2. Būvmateriālu konstrukciju apsekošana;
- 2.3. Attālināta dzīvības pazīmju atklāšana (elpošana, sirdsdarbība, kustības). Ierīce prototips prezentēts izstādē MINOX 2016. To var izmantot:

- medicīnas vajadzībām, piemēram, slimnīcās, lai attālināti kontrolētu pacienta vai zīdaiņa elpošanas ātrumu miega laikā,
- drošības nolūkos, piemēram, lai fiksētu dzīvas personas vai būtnes klātbūtni telpā vai aiz sienas,
- glābšanas operācijās, piemēram, meklējot gruvešos cilvēkus, kas parāda dzīvības pazīmes,
- pētniecībā, piemēram, dzīvnieku aktivitātes uzraudzībā.

2.4. Objektu atklāšana, skaitīšana un izsekošana. Tika izstrādāts teorētiskais pamatojums objektu atklāšanai un izsekošanai telpās, kā arī iegūti eksperimentālie rezultāti.

RTU TI grupa:

Projekta īstenošanas laikā grupas darbības bija saistītas ar uzdevumiem, kas saistīti ar pētījumiem par dažādām optisko piekļuves tīklu topoloģijām un vispiemērotākās topoloģijas izvēle tieši viedo pilsētu datu pārraides sistēmas risinājumos, kā arī optiskās pārraides sistēmas atsevišķu pamatelementu un to raksturojošo parametru izpēti. No tīklu topoloģiju analīzes tika secināts, ka pasīvo optisko tīklu (no ang. val. Passive Optical Network – PON) pārraides tehnoloģija, kas papildināta ar viļņgarumadales blīvēšanu (no ang. val. wavelength division multiplexing – WDM) ir vispiemērotākā metro un piekļuves tīklu līmenim, kurš atbilst pilsētas tīkla mērogam un nodrošina lielu sazarošanās pakāpi. Līdz ar to WDM-PON tīkls tika izvēlēts kā atbilstošākais viedās pilsētas datu pārraides tehnoloģiskais risinājums un turpmākie pētījumi bija saistīti ar dažādu atsevišķu sistēmas komponentu analīzi un realizāciju. Komponentu pētījumos tika risināti sekojoši uzdevumi:

- izstrādāt nelinearitātes koeficienta mērījumu metodi, lai salīdzinātu un atrastu WDM-PON pārraides sistēmai vispiemērotākās šķiedras;
- daudzviļņu gaismas avota izveide uz parametriskā pastiprinātāja bāzes;
- pētījums par minimālos starpkanālu attālumus WDM-PON pārraides sistēmā ņemot vērā datu pārraides ātrumu kanālā, lāzeru parametrus un sistēmas spektrālo un energoefektivitāti.
- pārskatājama izdalīšanas/pievienošanas multipleksora izstrāde, lai pieslēgtu jaunus galalietotājus kā arī paplašinātu optisko piekļuves tīklu pielietojuma iespējas.

Galvenie zinātniskie rezultāti:

Izveidots uzlabots fiksētais DWDM režģis pārraides kanālu centrālo frekvenču atdalīšanai, kas ļauj palielināt pārraidei izmantojamās frekvenču joslas spektrālo efektivitāti WDM-PON risinājumos.

Izstrādāts daudzkanālu gaismas avots, kas divkārtšo sākotnēji pieejamo viļņa garumu diapazonu un ir pielietojams WDM-PON tīklos. Tas ir izveidots uz šķiedru optiskā parametriskā pastiprinātāja bāzes, un tā galvenie pamatelementi ir augstas nelinearitātes šķiedra un 2 augstas jaudas pumpējošie lāzeri. Pētījumu rezultātā izveidotais gaismas avota modelis ļauj dubultot sākotnējo 16 mazas jaudas lāzeru spektrālo komponentu skaitu līdz 32 izmantojot nelineārā optiskā efekta – četru viļņu mijiedarbības radītās tukšgaitas komponentes. Līdz ar to katra lāzera efektivitāte palielinās divas reizes. Detalizētāk tas ir paskaidrots rakstā S.Olonkins “FOPA Pump Phase Modulation and Polarization Impact on Generation of Idler Components,” pieņemts publicēšanai žurnālā Elektronika ir Electrotehnika, Vol.77, No.4, 2016, pp. 77-81, ISSN 1392-1215, kas ir ietverts SCOPUS datubāzē

Eksperimentāli pārbaudīta nelinearitātes koeficienta mērījumu metode, kas ir balstīta uz četru viļņu mijiedarbību. Šāda mērījumu metode var tikt izmantota, lai novērtētu būtiskākos

optiskās šķiedras parametrus. Ir nepieciešami šķiedras vājinājuma un dispersijas mērījumi, lai no mērāmās šķiedras ieejas un izejas jaudas mērījumiem varētu aprēķināt nelinearitātes koeficientu. Šāda optisko šķiedru parametru analīze ir nepieciešama, lai atrastu vispiemērotāko šķiedru datu pārraidei WDM-PON optiskās pārraides sistēmās. Detalizētāk tas ir paskaidrots rakstā: I.Lavrinoviča “Evaluation of Effective Area and Nonlinearity Coefficient of Erbium-Ytterbium Doped Optical Fibers,” publicēts konferenču rakstu krājumā: Progress in Electromagnetics Research Symposium (PIERS 2016): Proceedings, China, Shanghai, 8-11 August, 2016. Shanghai: The Electromagnetics Academy, 2016, pp.1-5. ISBN 78-1-934142-30-1. un prezentēts konferencē S.Spolītis “Different Optical Fiber Nonlinear Coefficient Experimental Measurements.” Proceedings of 6th International Workshop on Fiber Optics in Access Networks (FOAN 2016), pp. 1-4, Lisbon, Portugal 2016.

Izstrādāta WDM-PON sakaru sistēma ar pilnīgi optisku kanālu izdalīšanas un pievienošanas moduli optiskās līnijas posmā, kas nodrošina risinājumu pārraides sistēmas paplašināšanai un/vai sazarošanai un jaunu abonentu vai pakalpojumu pievienošanai ar pasīviem (nav nepieciešama elektrobarošana) optiskajiem elementiem bez pārejas no optiskā uz elektrisko signālu. Šāda multipleksora galvenais pielietojums ir jaunu abonentu pieslēgšana pie eksistējošas optisko kabeļu infrastruktūras, kā arī, optisko piekļuves tīklu pielietojuma iespēju paplašināšana, piemēram, pārsūtot dažādu attālināto sensoru datus. Par izgudrojumu ir iesniegts Latvijas Republikas patenta pieteikums Nr. P-17-20 “WDM-PON Pārraides Sistēma ar Pilnīgi Optisku Kanālu Izdalīšanas un Pievienošanas Funkciju”.

Kopsavilkums

No projektā iegūtajiem rezultātiem jāuzsver sekojošie:

Izstrādātais daudzkanālu gaismas avotu ir ar augstu pielietojuma potenciālu tieši WDM-PON piekļuves sistēmās. Šādās sistēmās uz katru gala lietotāju ir nepieciešams gaismas avots ar noteiktu viļņa garumu. Līdz ar to, pieaugot gala lietotāju skaitam, nepieciešams palielināt gaismas izstarotāju skaitu. Attiecīgi sarežģītāka kļūst šādas pārraides sistēmas uzturēšana, jo jāveic visu gaismas avotu viļņa garuma kontrole. Turklāt lāzerdiodēm un lāzeriem ir noteikts kalpošanas laiks, pēc kura to parametri vairs neatbilst sākotnēji ražotāja tehniskajā specifikācijā minētajiem parametriem un ir jānomaina. Tādēļ optiskajos piekļuves tīklos, kam ir raksturīga koka tipa sazarojuma topoloģija, ļoti perspektīvi ir gaismas avoti, kas ļauj vienlaikus ģenerēt vairākus viļņa garumus, kur katrs no tiem tālāk tiek izmantots datu pārraidei. RTU TI piedāvātais risinājums ļauj pastiprināt sākotnējo lāzeru gaismas jaudu vienlaikus, dubultojot pārraides kanālu skaitu. Līdz ar to katra gaismas avota efektivitāte ir vismaz divas reizes augstāka, nekā tradicionālā risinājumā, kur katrs gaismas avotu tiek izmantots viena datu signāla pārraidei;

Pievienošanas/izdalīšanas multipleksors ir nepieciešams, lai pieslēgtu sensorus pie optisko šķiedru infrastruktūras. Šāds pielietojums ir ļoti aktuāls viedo pilsētu kontekstā, jo attālinātie sensori un automatizētās monitoringa sistēmas ir viens no attīstības virzieniem ko apvieno lietu (Internet of Things – IoT) un taustes (Tactile Internet – TI) interneta jēdzieni. Tam būs ievērojama ietekme uz uzņēmējdarbību un sabiedrību, radot daudz jaunas iespējas jauniem tehnoloģiju tirgiem un būtiskiem sabiedriskajiem pakalpojumiem. Tas ļautu sniegt tādas pakalpojumus kā attālinātās vadības videonovērošanas sistēmas, drošības sistēmas, vides piesārņojuma uzraudzības sistēmas, u.c. jebkurā vietā, kur ir pieejama optisko šķiedru infrastruktūra.

Projekta ietvaros aizstāvēti 14 maģistra darbi (4 posmā- 6 darbi), sagatavotas 10 publikācijas un par rezultātiem ziņots 3 konferencēs.

Turpmākie darba virzieni

Pētījumu rezultātā RTU TI zinātnieki ir izveidojuši izdalīšanas/pievienošanas multipleksora prototipu, kura darbība ir pārbaudīta laboratorijas apstākļos. Nākamais etaps būtu izveidot optimizētu (izmērs, izpildījums, izmaksas u.c. faktori) komponenti, kas būtu testējama un praktiski pielietojama reālos darba apstākļos.

RTU ŪPL grupa:

Galvenais grupas mērķis projekta ietvaros bija izveidot dzeramā ūdens kvalitātes monitoringa un brīdinājuma sistēmu, ar kuru būtu iespējams detektēt un atpazīt bioloģisku piesārņojumu dzeramā ūdensapgādes sistēmā (DŪS). Projekta rezultātā tika izveidota agrīnās brīdināšanas sistēma (early warning system, EWS). Tehnoloģija ir balstīta uz fizikāli-ķīmisko un bioloģisko ūdens parametru monitoringu un Mahalanobis piesārņojuma detektēšanas un atpazīšanas algoritmu. Projektā izvirzītie uzdevumi bija sadalīti četros posmos un mērķi tika veiksmīgi sasniegti.

Veikto pētījumu pamatā ir apjomīga literatūras analīze, kuras ietvaros tika identificētas potenciāli pielietojamās metodes mikrobioloģisko parametru analīzei dzeramā ūdens paraugos. Literatūras analīzes rezultāti tika apkopoti zinātniskā publikācijā "Review on Existing and Emerging Biological Contamination Detection Tools for Drinking Water Distribution Systems" un prezentēti starptautiskā zinātniskā konferencē IWA 7th Eastern European Young Water Professionals Conference, kā arī publicēti konferences rakstu krājumā. Darbā tika identificēta potenciāli labākā sensoru un metožu kombinācija dažādu piesārņojumu tipu detektēšanai un klasifikācijai.

Mikrobioloģisko parametru analīzei tika izstrādātas jaunas un pilnveidotas esošās metodes - paraugu fluorescēta krāsošana un analīze ar plūsmas citometrijas metodēm (flow cytometry measurements, FCM) un adenozintrifosforskābes (adenosine triphosphate, ATP). Šo metožu izmantošana dzeramā ūdens kvalitātes monitoringam ir inovatīva un progresīva. Izmantojot piedāvātās metodes bioloģisko ūdens kvalitāti var noteikt daudz ātrāk un precīzāk nekā ar tradicionālajām kultivēšanas metodēm. ATP un FCM metožu testēšanas un optimizācijas rezultāti ir publicēti zinātniskajos žurnālos. Darbs ar ATP metodi apkopots zinātniskajā publikācijā "Behavior and stability of adenosine triphosphate (ATP) during chlorine disinfection" žurnālā Water Research (SNIP=2.397), kurā tika parādītas ATP mērījumu īpašības un pielietojamība hlorētā ūdenī. Publikācijā "A pipeline for developing and testing staining protocols for flow cytometry, demonstrated with SYBR Green I and propidium iodide viability staining" ir aprakstīti vairāki faktori, kas ietekmē FCM metodes efektivitāti, tā ir publicēta Journal of Microbiological Methods žurnālā.

Lai būtu iespējams veikt eksperimentus ar dzeramā ūdens piesārņojumu, projekta ietvaros tika izveidota laboratorijas jeb pilota mēroga ūdens apgādes sistēma. Šī sistēma ir aprīkota ar dzeramā ūdens kvalitātes sensoriem - elektrovadītspējas (EVS), hlorīdu jonu (Cl), temperatūras, oksidēšanas-reducēšanas potenciāla (ORP), kopējā organiskā oglekļa (TOC), pH, duļķainības, spiediena un plūsmas. Sensori izvietoti divos monitoringa punktos. Izstrādātā sistēma nodrošina tiešsaistes dzeramā ūdens kvalitātes monitoringu. Izvēlēto ierīču jeb sensoru kombinācija ir ekonomiski izdevīgāka, attiecībā pret nosakāmo parametru ticamību un korelācijām ar mikrobioloģisko piesārņojumu. Dati no sensoriem tiek nosūtīti uz datoru un saglabāti, kur tie tiek apstrādāti ar piesārņojuma atpazīšanas algoritmu. Projekta ietvaros izstrādātas piesārņojuma detektēšanas sistēmas pamatā ir Mahalanobis distanču matemātiskais modelis, kas ir balstīts uz klasteru analīzi. Lai noteiktu potenciāli pielietojamāko algoritmu tikai veikts dažādu matemātisko algoritmu izvērtējums, kas apkopots zinātniskā publikācijā

“On-line Drinking Water Contamination Event Detection Methods” un prezentēts 11th International Scientific and Practical Conference Environment Technology konferencē.

Pilota mēroga sistēma ar tiešsaistes dzeramā ūdens kvalitātes monitoringa sensoru tīklu tika izmantota ilgtermiņa ūdens monitoringam un piesārņojuma simulācijas eksperimentiem. Ilgtermiņa monitorings rezultātā tika izveidota datubāze ar ūdens parametru izmaiņām tīrā sistēmā, t.i. dienas vai sezonālām kvalitātes svārstībām. Turpmāk šie dati tika izmantoti tīra dzeramā ūdens bāzes līnijas parametru klasifikācijai. Latvijā un tuvākajās kaimiņvalstīs šāda veida dzeramā ūdens kvalitātes monitorings ūdens patēriņa vietā līdz šim nebija veikts. Līdz ar to iegūtie dati sniedz daudz plašāku ieskatu patiesajās dzeramā ūdens kvalitātes izmaiņās dzeramā ūdens patēriņa vietā un ūdensapgādes tīklā, kā arī ļauj uzkrāt un analizēt ļoti lielu apjomu datu (kopumā veikti vairāk nekā 2 000 000 nolasījumu), kas raksturo dzeramā ūdens kvalitāti un atbilstību dzeramā ūdens nekaitīguma prasībām. Daļa no mērījumu iegūtajiem rezultātiem prezentēti 2 starptautiskās zinātniskajās konferencēs (RTU 57.Starptautiskās zinātniskās konferences apakšsekcijas “Siltuma, gāzes un ūdens tehnoloģijas” (Rīga, Latvija) un “IWA 8th Eastern European Young Water Professionals Conference (Gdaņska, Polija)” un apkopoti konferences rakstā “Long Term Drinking Water Quality Monitoring in Drinking Water Supply Systems by On-Line Sensors”. Iegūtie mērījumu rezultāti pierāda dzeramā ūdens kvalitātes tiešsaistes monitoringa nepieciešamību un identificē esošās dzeramā ūdens kvalitātes monitoringa sistēmas nepilnības. “RTU 57.Starptautiskās zinātniskās konferences apakšsekcijas “Viedās Biotehnoloģijas”” ietvaros veikta izveidotās monitoringa sistēmas un rezultātu demonstrācija nozares speciālistiem radījusi plašu rezonansi to vidū.

Lai padziļinātāk saprastu dzeramā ūdens bioloģisko kvalitāti un stabilitāti ūdensapgādes sistēmā, tika veikti mērījumi ar FCM metodi, un analizēts dzīvo un kopēju baktēriju skaits divās vietās Rīgas ūdensapgādes sistēmā. Mērījumi tika veikti vienu gadu. Rezultātā tika konstatētas sezonālas ūdens kvalitātes svārstības tīklā, kā arī noteikta ūdens uzturēšanas laika nozīme mikroorganismu augšanā. Papildus eksperimenti tika veikti, lai noskaidrotu baktēriju augšanas iemeslus. No praktiskā viedokļa, rezultāti parāda augstu metodes potenciālu izmantošanai dzeramā ūdens monitoringam, kā arī akcentē tās priekšrocības, salīdzinājumā ar šobrīd izmantojamām metodēm. Tas arī palielina metodes uzticamību dzeramā ūdens kvalitātes monitoringam un potenciālai pielietošanai plaša mēroga sistēmās. Rezultāti tika prezentēti RTU 57.Starptautiskajā zinātniskajā konferencē (2016. gada 12. oktobrī Rīgā) un IWA Microbial Ecology in Water Engineering & Biofilms (2016. gada 4-7. septembrī Kopenhāgenā, Dānijā), kā arī apkopoti zinātniskajā publikācijā “Identifying the underlying causes of biological instability in a full-scale drinking water supply system” un iesniegti publicēšanai Water Research žurnālā (2017.gada novembrī). Rezultāti parādīti arī promocijas darbā “Biological Stability in Chlorinated Drinking Water Distribution Networks”.

Detektēšanas sistēmas pārbaudei tika veikti eksperimenti laboratorijas mēroga ūdens apgādes sistēmā imitējot dažāda veida piesārņojumus. Eksperimentu laikā simulētas vairākas situācijas, kurās varētu tikt ietekmēta dzeramā ūdens kvalitāte un tā lietošanas drošība. Imitēta notekūdeņu, gruntsūdeņu, neattīrīta dzeramā ūdens (upes ūdens), bioloģiski nestabila dzeramā ūdens (dzeramais ūdens ar paaugstinātu uzturēšanās laiku) nonākšana ūdens apgādes sistēmā, kā arī mākslīgi simulēts teroristu uzbrukums, veicot dzeramā ūdens piesārņošanu ar E.coli. Eksperimentu rezultātā tika iegūta informācija par piesārņojumu iespējamo izplatību DŪS, kā arī izveidoti to “pirksta nospiedumi”, kas ļauj, ne tikai iedarbināt “trauksmi” par dzeramā ūdens piesārņojuma gadījumu, bet arī identificēt konkrētu piesārņojuma tipu mērījumu veikšanas brīdī, līdz ar to prognozēt tā iespējamus avotus, iemeslus un draudus. Visraksturīgākie “nospiedumi” tika konstatēti, izmantojot fizikāli-ķīmiskus parametrus apvienojumā ar bioloģiskajām metodēm. Tika veiktas divas neatkarīgas eksperimentu sērijas – pirmā bija paredzēta sistēmas/tehnoloģijas izveidošanai un pārbaudēm, otrā –

sistēmas/tehnoloģijas verifikācijai. Pirmajā eksperimentu sērijā piesārņojuma atpazīšanas varbūtība bija 56 – 89% un kļūdainas trauksmes varbūtība bija 5 – 6%. Rezultāti tika apkopoti zinātniskajā publikācijā “Detection of Drinking Water Contamination Event with Mahalanobis Distance Method, Using On-line Monitoring Sensors and Manual Measurements Data”, kura ir iesniegta Water Science and Technology: Water Supply (2017.gada decembrī). Otrās sērijas jeb verifikācijas rezultāti uzrādīja sistēmas spējas un potenciālo pielietojumu reālos ūdensapgādes tīklos. Piesārņojuma atpazīšanas varbūtība gruntsūdens, upes ūdens vai notekūdens intrūzijas gadījumā bija 96 – 100%, mērot ar fizikāliem un ķīmiskiem sensoriem un to kombinācijās ar FCM un/vai ATP. ATP metode bija vienīgā, kas rādīja augstu E.coli piesārņojuma noteikšanas varbūtību (93%). Līdz ar to tika secināts, ka ar dažādu metožu kombināciju ir iespējams ātri noteikt ūdens piesārņojumu, bet tikai ATP ir pietiekami jūtīgs pret atsevišķiem mikroorganismiem, jeb potenciālu teroristu uzbrukumu. Eksperimentos iegūtie rezultāti norāda uz izstrādātās tehnoloģijas potenciālu pielietojamību. Rezultāti tiks apkopoti publikācijā.

Lai pārbaudītu izstrādātās sistēmas efektivitāti un potenciālo ieguvumu tika veikta sistēmas aprobācija reālā ūdensapgādes sistēmā – Liepājā, kā arī simulēts potenciālais patērētāju apdraudējums piesārņojuma gadījumos, salīdzinot pastāvošu monitoringa kārtību un piedāvāto risinājumu Rīgas pilsētai. Liepājas DŪS bija izvēlēta tādēļ, ka ūdens tiek padots no dažādiem ūdens avotiem, līdz ar to papildus uzdevums bija pārbaudīt, vai piedāvāta tiešsaistes monitoringa sistēma ir spējīga noteikt kura avota ūdens ir konkrētā punktā. Sistēmas mērījumi parādīja, ka mērījumu vietā ūdens parametri mainās atbilstoši SIA “Liepājas ūdens” inženieru aprēķiniem par ūdens piegādi no dažādiem ūdens avotiem. SIA “Liepājas ūdens” speciālistu atziņas par aprobācijas rezultātiem apkopotas atsaukmes vēstulē. Simulācijas Rīgas ūdens apgādes tīkliem, kas veiktas izmantojot EPANET 2.0 rīku, norādīja uz iespējama apdraudējuma samazinājumu par 2-50% no kopējā ūdens patērētāju skaita. Rezultāti apkopoti maģistra darbā “Dzeramā ūdens kvalitātes tiešsaistes monitoringa sistēmu ieviešana ūdensapgādes tīklā”

Grupas galvenais rezultāts projektā ir EWS tehnoloģija, kura bija aprobēta ilgtermiņa monitoringam reālā DŪS un arī piesārņojuma atpazīšanā. Ir secināts, ka fizikāli-ķīmiskie sensori ir efektīvi gadījumos, lai identificētu piesārņojumu gadījumus, kas rodas DŪS ikdienas ekspluatācijā, piemēram, avāriju vai cauruļu plīsumu gadījumos, bet apzinātā piesārņojuma gadījumos detektēšanas iespējamība ir zemāka. Ja bioteroristu uzbrukuma riski ir nozīmīgi, ir vērts apsvērt jauno bioloģisko metožu izmantošanu dzeramā ūdens kvalitātes monitoringā. Iegūtie rezultāti ir nozīmīgi dzeramā ūdens kvalitātes monitoringa dati valsts mērogā, kā arī progresīvo metožu pielietojums dzeramā ūdens kvalitātes monitoringā ir unikāls pētījums pasaules mērogā. Ātras un uzticamas metodes ir nākotnes ūdens apgādes sistēmu monitoringa stūrakmens. Kā arī šāda veida sistēmas ir būtisks faktors dzeramā ūdens drošības plānos.

Programmas ietvaros tika uzlaboti studiju kurss “Ūdensapgāde” (BŪK 323) RTU īstenotās studiju programmas Siltuma, gāzes un ūdens tehnoloģijas ietvaros ar lekciju materiāliem par dzeramā ūdens drošumu un monitoringu.

Izvirzītie projekta mērķi tika sasniegti un uzdevumi tika izpildīti ar nelielām korekcijām. Iegūti nozīmīgi zinātniski rezultāti, kas aprakstīti 31 zinātniskā publikācijā un izklāstīti 23 prezentācijās starptautiskās konferencēs. Izstrādātas tehnoloģijas un programmatūra tika aprobēti reālos izmantošanas apstākļos ārējās organizācijās, 6 tehniskie risinājumi tika patentēti.

2.4.5. Projekta Nr. 4 apgūtais finansējums (euro)

		Plānots 2014.– 2017. g.	1. posms	2. posms	3. posms	4. posms	Kopā
1000– 9000*	IZDEVUMI – KOPĀ	624253	129647	147527	140498	213530	624253
1000	Atbildība	510769	102010	129185	118850	178317	513362
2000	Preces un pakalpojumi (2100+2200)	113484	21239	18342	15999	27626	83206
2100	Mācību, darba un dienesta komandējumi, dienesta, darba braucieni	26150	4349	1734	3331	2809	12223
2200	Pakalpojumi	56754	16890	16608	11604	22853	67955
5000	Pamatkapitāla veidošana			6398	0		6398

2.4.6. Projekta Nr. 4 rezultatīvie rādītāji

(Norāda pārskata periodā plānotos un sasniegtos rezultatīvos rādītājus. Informāciju atspoguļo tabulā un pielikumā)

Rezultatīvais rādītājs	Rezultāti					
	plānots 2014.– 2017. g.	sasniegts				
		kopā	1.posms	2.posms	3.posms	4.posms
A. Zinātniskie rezultatīvie rādītāji						
1. Zinātnisko publikāciju skaits:	22	39	2	4	16	18
oriģinālo zinātnisko rakstu (SCOPUS) (SNIP > 1) skaits	6	4	0	0	1	1 + 2*
Oriģinālo zinātnisko rakstu IEEEExplore, ACM DL, SCOPUS, Web of science datubāzēs iekļautajos izdevumos skaits	15	31	2	3	13	13
recenzētu zinātnisku monogrāfiju skaits	1	1	0	0	0	1
Citu oriģinālo zinātnisko rakstu skaits	0	3	0	1	2	0
2. Programmas ietvaros aizstāvēto darbu skaits:						
promocijas darbu skaits	5	1	0	1	0	3 + 3**
maģistra darbu skaits	17	17	0	7	4	5+1***
uzlaboti studiju kursi	3	3	0	0	0	3
3. Uzlaboto studiju kursu skaits						
4. Pētniecība						
4.1 programmatūras prototipi	2	2	0	0	0	2
4.2 Metodikas apraksti	4	4	0	0	0	4
4.3 Maketi, prototipi, tehnoloģijas	4	5	0	0	0	5
4.4 iesaiste starptautiskajos projektos		1	0	0	1	0
B. Programmas popularizēšanas rezultatīvie rādītāji						

1. Programmas gaitas un rezultātu popularizēšanas interaktīvie pasākumi, kuru mērķu grupās iekļauti arī izglītojamie, skaits:						
konferencēs	12	23	2	4	13	4
semināri						
rīkoti semināri	7	7	1.25	2.25	1.25	2.25
populārzinātniskas publikācijas, pasākumi, informācija masu medijos	4	7	0	0	0	7
izstādes		1	0	0	1	0
rīkotas starptautiskas konferences						
2 Ilgtermiņa tehnoloģiskā prognoze programmas ietvaros attīstītajiem zinātniskajiem un tehnoloģiskajiem virzieniem	1	1	0	0	0	1
C. Tautsaimnieciskie rezultatīvie rādītāji						
1. Zinātniskajai institūcijai programmas ietvaros piesaistītā privātā finansējuma apjoms, t. sk.:						
1.1. privātā sektora līdzfinansējums programmā iekļauto projektu īstenošanai (EUR)						
1.2. ieņēmumi no programmas ietvaros radītā intelektuālā īpašuma komercializēšanas (rūpnieciskā īpašuma tiesību atsavināšana, licencēšana, izņēmuma tiesību vai lietošanas tiesību piešķiršana par atlīdzību) (EUR)						
1.3. ieņēmumi no līgumdarbiem, kas balstās uz programmas ietvaros radītajiem rezultātiem un zinātnības (EUR)	10 000	30438	27438	3000	0	0
1.4 Zinātnisko institūciju līdzfinansējums no pašu līdzekļiem programmas izpildei (EUR)	174300	178668	16763	34730	108187	70481
2. Programmas ietvaros pieteikto, reģistrēto un spēkā uzturēto patentu vai augu šķirņu skaits:						
Latvijas teritorijā	6	6	0	2	0	4
ārpus Latvijas	0	0	0	0	0	0
3. Programmas ietvaros izstrādāto jauno tehnoloģiju, metožu, prototipu vai pakalpojumu skaits, kas aprobēti uzņēmumos	3	3	0	0	0	3
4. Ieviešanai nodoto jauno tehnoloģiju, metožu, prototipu, produktu vai pakalpojumu skaits (noslēgtie līgumi par intelektuālā īpašuma nodošanu)	0	0	0	0	0	0
5. Izveidots jauns (spin-off) uzņēmums						

6. Zinātnisko institūciju ieņēmumi no sinerģiskiem pētniecības projektiem (EUR)	0	977 042				977 042
---	---	---------	--	--	--	---------

* Iesniegti 2017.g.

** 3 doktora disertācijas priekšizstāvētas

*** Viens maģistrs aizstāvēsies 2018.g.

Projekta Nr. 4 vadītājs

(paraksts)

I.Mednieks
(vārds, uzvārds)

01.2018.g.
(datums)

Pielikums Nr1. Scientific report Project No.1 Development of technologies for cyber physical systems with applications in medicine and smart transport";

Pielikums Nr2. Scientific report Project No.2 "Ontology-based knowledge engineering technologies suitable for web environment";

Pielikums Nr3. Scientific report Project No.3."Biophotonics: imaging, diagnostics and monitoring";

Pielikums Nr4 . Scientific report Project No.4 "Development of technologies for secure and reliable smart-city".