

Zinātniskais pārskats par valsts pētījumu programmas 3. posma izpildes gaitu

1. SADAĻA – INFORMĀCIJA PAR PROGRAMMAS IZPILDI

1.1. Programmas nosaukums: Nākamās paaudzes informācijas un komunikāciju tehnoloģiju (IKT) pētniecības valsts programma

1.2. Programmas nosaukuma saīsinājums, mājaslapa internetā: NexIT,
<http://lumii.lv/resource/show/761>

1.3. Programmas vadītājs: Dr.sc.comp. Andris Ambainis, +37167034517,
andris.ambainis@lu.lv

1.4. Kontaktpersona: Ināra Opmane, 67224730, imcs@lumii.lv

1.5. Pārskata periods no 2016. gada 1.janvāra līdz 2016. gada 31.decembrim

1.6. Programmas mērķis un tā izpilde

(Norāda programmas mērķi un tā izpildi (saskaņā ar apstiprināto projekta pieteikumu un līgumu))

Mērķis – attīstīt zinātnisko kompetenci nākamās paaudzes informācijas un komunikācijas tehnoloģiju sistēmu jomā, veidojot jaunas konkurētspējīgas pieejas fizikālās un virtuālās pasaules integrēšanai kiberfizikālās sistēmās, attīstot konkurētspējīgas viedo sensoru un to tīklu inovatīvas aparātu un programmatūras platformas, izpētot un tālāk attīstot konkurētspējīgas, uz modeļiem balstītās jaunās informācijas un komunikācijas tehnoloģijas, to lietojumu mūsdienu tīmekļa vidē.

Programmas izpilde strukturēta četros projektos:

- “Ontoloģiju, semantiskā tīmekļa un drošības tehnoloģijas”- pētniecība jaunu metožu izstrādei virtuālajā vidē (ontoloģijas un semantiskais tīmeklis);
- "Biometrija, biosignāli un neinvazīvās bezkontakta diagnostikas tehnoloģijas" - IT tehnoloģijas ar īpaši jutīgu, nesagraujošu un bezkontakta klīnisko diagnostiku, monitoringu un telemedicīnā, apvienojot Francijas, Dānijas un Latvijas zinātnes centru sasniegumus;
- “Sensoru tīklu un signālu apstrādes pielietojumi tautsaimniecībā”- Sensoru un sensoru tīklu tehnoloģijas un specifiski IT pielietojumi pilsētu drošības monitoringam un modelēšanai gudru pilsētu (smart city) tehnoloģisko risinājumu tematikā un medicīnā
- “Jaunas paaudzes liela apjoma datu (Big Data) apstrādes sistēmas” – Eiropas zinātnes telpas liela mēroga zinātnes infrastruktūras piedāvāto iespēju tuvināšana LR tautsaimniecības vajadzībām, koncentrējoties uz datu drošību, kriptēšanu un tās teorētiskiem pamatiem, sarežģītu signālu un attēlu un lielapjoma datu plūsmu apstrādes un pārraides tehnoloģijām un matemātiskās modelēšanas metodēm.

Turpināti uzsāktie programmas īstenošanas darbi. Detalizētāka projekta izpilde aprakstīta pie konkrētiem projektiem.

2016.gada 6.decembrī notika VPP NexIT 3.posma norises gaitas un sasniegto rezultātu seminārs. Programmas vadītājs A.Ambainis sniedza pārskatu par programmas uzsākšanas un īstenošanas gaitu. Seminārā tika prezentēti projektu un apakšprojektu ietvaros sasniegtie rezultāti.

1.7. Kopsavilkums par programmas 3. posma 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)

Turpināta programmas īstenošana, iesaistot zinātniekus no 6 zinātniskajām institūcijām (Latvijas Universitāte, Latvijas Universitātes Matemātikas un informātikas Institūts, Liepājas Universitāte, Rīgas Tehniskā universitāte, Transporta un sakaru institūts, Ventspils

Augstskola).

Turpināti pētījumi visos programmā paredzētajos virzienos: kiberdrošība un kvantu skaitlošana, ontoloģijas un semantiskais tīmeklis, vizualizācija un attēlu apstrāde, matemātiskā modelēšana un inverso problēmu risināšana, lielapjoma datu un zināšanu infrastruktūra, kiberfizikālās sistēmas un sensoru tīkli, inovatīvi IKT lietojumi medicīnā un citās nozarēs.

Starp šiem virzieniem ir gan augsta līmeņa fundamentālie pētījumi (piemēram, starptautiski ļoti augsti novērtētie pētījumi kvantu skaitlošanā), gan lietišķie pētījumi ar tiešu pielietojamību IKT nozarē (piemēram, informācijas sistēmu jomā), gan arī starpnozaru pētījumi, kas pielieto informācijas tehnoloģijas citu nozaru (piemēram, medicīnas) vajadzībām.

Starp nozīmīgākajiem projekta sasniegumiem ir šādi rezultāti:

- Parādīta ekvivalence starp kvantu algoritmiem un polinomiem: jebkuru noteikta veida kvantu algoritmu var aprakstīt ar noteikta veida polinomu un jebkuru šāda veida polinomu var pārveidot par kvantu algoritmu. Šis ir pirmsais gadījums, kur kvantu algoritmus izdevies tiek precīzi aprakstīt matemātikas valodā, neizmantojot kvantu fizikas jēdzienus.
- Sinerģijā ar VPP Letonika ir attīstīts apjomīgs, atvērts, mašīnlasāms latviešu valodas leksikons, kurš atsevišķā praktiskas ievirzes pētījumu projektā tiks sasaistīts ar atvērto saistīto datu mākonī (Linked Open Data Cloud), veicinot ontoloģiju leksikalizāciju latviešu valodā.
- Izstrādāta metode bioloģisko objektu attēlu segmentācijai, kas bāzēta uz tēlu atpazīšanas metodēm izmantošanai un to pielāgošanu segmentācijas uzdevumiem. Metode ļauj ievērojami samazināt segmentācijas laiku un saglabāt pietiekamo segmentācijas precīzitāti. Tā tiek aprobēta uz reālo patoloģiskās anatomijas objektu attēliem.
- Pabeigta un ieviesta ekspluatācijā augstas veikspējas skaitlošanas (HPC) platforma, izveidojot reģionālo augstskolu pētniecības un izglītības IT centru ar attālināta darba iespējām.

Valsts pētījumu Programmā tiek strādāts arī šādos pētniecības virzienos:

- Rīki modelēšanai un semantiskajām datubāzēm (ieskaitot šo rīku aprobāciju uz Latvijas Medicīnas reģistru datubāzēm);
- attēlu apstrādes metožu izstrāde, kas galvenokārt paredzēta biomedicīnisko attēlu apstrādei
- bezvadu sensoru tīklu un augstas veikspējas skaitlošana (HPC) lietojumi pilsētvides pakalpojumu (urban services) risinājumos, tādos kā ūdensapgāde, inteliģentās transporta sistēmas)
- bioinformātikā;
- satelītattēlu un citu geospatiālo datu apstrāde;
- diferenciālvienādojumu izmantošana plaša spektra matemātiskās modelēšanas uzdevumu risinājumos

Kopumā sagatavotas 40 publikācijas. Programmas rezultāti referēti gan starptautiskās zinātniskās konferencēs, gan vietējos pasākumos, kuru auditorija ietver studentus.

Vairāki programmas pētījumi veikti sadarbībā ar citu valstu zinātniekiem:

- Pētījumi kvantu skaitlošanā - sadarbībā ar zinātnieku no Masačūsetsas tehnoloģiskā institūta (ASV)

- Datorlingvistikas pētījumi - sadarbībā ar Gēteborgas Universitātes (Zviedrijā) zinātniekiem
- Pētniecība bioinformātikas jomā - sadarbībā ar Eiropas bioinformātikas institūtu, Kembrižas Universitāti un Londonas King's koledžu(UK)
- Biomedicīnisko attēlu pētījumi - kopā ar Lotringas Universitāti Francijā.
- Pētījumi astronomisko datu apstrādē – kopā ar Eiropas VLBI tīklu un Nižņijnovgorodas Radiofizikas inženierzinātņu Institūtu (Krieviju).

Starp pētniekiem, kas piedalījušies programmas realizācijā, ir 18 doktoranti, 11 maģistranti un 25 jaunie zinātnieki (kas saņēmuši doktora grādu pēdējo 10 gadu laikā). Balstoties uz programmas 3. posma pētījumiem, aizstāvēti 5 maģistra darbi un iesniegta aizstāvēšanai 1 doktora disertācija.

Katra programmas projekta rezultāti sīkāk aprakstīti sadaļā par atbilstošo projektu.

1.8. Programmas 3. posma rezultatīvie rādītāji un to izpilde

Rezultatīvais rādītājs	plānots 2014.– 2017. g.	Rezultāti sasniegts						
		2014. g.		gads				
		kopā	t. sk. iepriek- šējā periodā uzsākts	2015.	2016.	2017.	201 8.*	2019. *
Zinātniskie rezultatīvie rādītāji								
1. Zinātnisko publikāciju skaits:								
oriģinālo zinātnisko rakstu (<i>SCOPUS</i>)(SNIP>1) skaits	14	4 (t.sk. 3 sagata voti)		6	2 un 1 iesni egts			
Citi Web of Science vai SCOPUS datubāzēs iekļautajos izdevumos publicēti oriģināli recenzēti konferenču raksti	26	6 (t.sk. 3 sagata voti) un 1 (indek sēja Transp ort means		13 un 7 sagata voti	27			
oriģinālo zinātnisko rakstu <i>ERIH(A un B)</i> datubāzē iekļautajos žurnālos vai konferenču rakstu krājumos skaits	12	2 sagata voti		8 un 1 iesnie gts	8 un 2 iesni egti			
recenzētu zinātnisku monogrāfiju skaits	2							
2. Programmas ietvaros aizstāvēto darbu skaits:								
promocijas darbu skaits	13	2		1 (pieņe mts aizstā vēšan ai)	1			

maģistra darbu skaits	27	1		13	6		
3. IT drošības pētniecības laboratorijas izveide cert.lv sastāvā saskaņā ar IT drošības likumā noteikto	1						
4. IT doktorantūras skolas pētniecības bāzes izveide	1				1		
Programmas popularizēšanas rezultatīvie rādītāji							
1. Programmas gaitas un rezultātu popularizēšanas interaktīvie pasākumi, kuru mērķu grupās iekļauti arī izglītojamie, skaits:							
konferences	18	12		20	20		
semināri	8	2		2	1		
rīkotie semināri	25			2	4		
populārzinātniskas publikācijas	15	1		3	8		
izstādes	5			2	2		
Konferenču tēzes (bez rakstiem)				7	3		
Pētnieka brošūra					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 zinātības							
2. Programmas ietvaros pieteikto, reģistrēto un spēkā uzturēto patentu vai augu šķirņu skaits:							
Latvijas teritorijā	3			1			
ārpus Latvijas	1						
3. Programmas ietvaros izstrādāto jauno tehnoloģiju, metožu, prototipu vai pakalpojumu skaits, kas aprobēti uzņēmumos	7			1	1		
4. Ieviešanai nodoto jauno tehnoloģiju, metožu, prototipu, produktu vai pakalpojumu skaits (noslēgtie līgumi par intelektuālā īpašuma nodošanu)	2						
5. Reģionālo augstskolu	1				1		

pētniecības un izglītības IT centra izveide ar attālināta darba iespējām (Regional Partner Research Facility)							
---	--	--	--	--	--	--	--

* Norāda pēc programmas īstenošanas.

1.9. Programmas īstenošanas analīze

Stiprās puses	Vājās puses
<ul style="list-style-type: none"> ◆ programmā iesaistīts liels skaits kvalificētu zinātnieku ◆ izpildītājiem daudzpusīga pieredze strādājot ES 7. ietvara programmas pētniecības projektos ◆ programmas sadarbības partneriem ir laba iepriekšējās sadarbības pieredze ◆ programmas sadarbības partneriem ir cieša sadarbība ar augstāko izglītību, tai skaitā, ar reģionālo augstāko izglītību ◆ programmas partneriem ir laba sadarbība ar nozares kompetences centru (IT KC) un IT klasteri, atbalsts IKT industrijā ◆ programmas sadarbības partneriem ir pieredze kopīgu konferenču organizēšanā, kopīgs darbs Eiropas ietvara projektu konsorcijos (piemēram, Baltic GRID), ir kopīgi izpildāmi ERAF projekti ◆ partneri šīs programmas realizācijā balstās uz kopīgi izveidotu zinātnisko e-infrastruktūru projekta VNPC IKSA Centrs ietvaros, ko var izmantot arī komersanti inovāciju ieviešanai ◆ izstrādātās tehnoloģijas, algoritmi, programmatūras ir inovatīvas un spēj dot piņesumu dažādu ar apkārtējo vidi saistītu pētījumu veikšanai. <p>Kā blakusprodukts iegūti vērtīgi dati ar pielietojamību fundamentālajās un lietišķajās zinātnēs (piemēram, zemei tuvie objekti, Saules-Zemes sakari).</p>	<ul style="list-style-type: none"> ◆ vecuma “pārrāvums” starp autoritāti ieguvušiem zinātniekiem un jauniem zinātniekiem ◆ IKT industrija centrēta uz tūlītēju ekonomisko efektu, nevis ilgtermiņa darbību, kas apgrūtina industriālo partneru piesaisti ◆ konkurences draudu novēršanas dēļ komersanti prasa inovatīviem pētījumiem noteikt komercnoslēpuma statusu ◆ līdz šim, daudzu pētnieku pētniecības tēmas nav bijušas pietiekami orientētas uz industrijas vajadzībām ◆ zema pētnieku mobilitāte starp publisko un privāto sektoru ◆ IKT akadēmiskās vides, valsts pārvaldes un inovatīvā biznesa e-infrastruktūra ir sadrumstalota ◆ nav izveidojusies pētniecības un valsts pārvaldes sadarbība valstij akūtu problēmu risināšanai, piemēram, informācijas drošības jomā ◆ ne visas izstrādātās metodikas būs viegli komercializējamas un Projekta realizēšanas beigās sasniegušas komercializēšanai nepieciešamo tehniskās gatavības pakāpi. Daļēji tas izskaidrojams ar Projektam samazināto finansējumu un atbilstoši samazināti rādītāji, salīdzinot ar sākotnējo pieteikumu.

Iespējas	Draudi
<ul style="list-style-type: none"> ◆ autonoma lēmumu pieņemšana zinātnes politikas veidošanā ◆ studentu iesaistīšana pētniecībā ◆ starptautiskie sakari (dalība profesionālās asociācijās, sadarbība pētniecības un komerciālo projektu realizācijas gaitā) ir pamats tālākai sadarbībai un to sekmējošu finanšu resursu piesaistei ◆ iespēja līdzdarboties Eiropas Savienības zinātnes programmās 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ zinātnes attīstībai nelabvēlīgi politiskie lēmumi Latvijā ◆ neskaidras finansiālās situācijas ietvaros esošie zinātnieki var zaudēt darbu ◆ Latvijā IKT attīstība nav pietiekoši novērtēta stratēģiskajos plānošanas dokumentos ◆ nepietiekamā izglītības un zinātnes finansējuma dēļ jaunie zinātnieki vai esošas zinātnieku grupas var aizbraukt no Latvijas

<ul style="list-style-type: none"> ◆ vienotas pētniecības telpas izveide Eiropā (ERA) un pētniecības iespēju virtualizācija ◆ IKT industriāla izaugsme: <ul style="list-style-type: none"> - palielinās Latvijas IKT pakalpojumu eksports; - industrija kļūst globāli konkurentspējīga; - Latvijas ekonomikai ir ievērojams attīstības potenciāls virzoties uz augstas pievienotās vērtības un inovācijām balstītu ekonomiku; - piesaistot investīcijas un izmantojot zema riska valsts statusu; - IKT nozares izaugsmi veicina valsts un pašvaldību pasūtījumi, piemēram, šobrīd aktīvi attīstās e-pārvaldes risinājumi; ◆ programmas rezultāti varēs tikt izmantoti urbānās vides tālizpētei un apkārtējās vides monitoringam. Daļa rezultātu var dot pienesumu fundamentālajai un lietišķajai zinātnei 	<ul style="list-style-type: none"> vai pamest zinātni ◆ ekonomiskās aktivitātes pazemināšanās un valsts budžeta izdevumu (t.sk. zinātnes finansējuma) visā pasaulei var kavēt izaugsmi zinātnē ◆ demogrāfiskās situācijas pasliktināšanās noved pie mazāka studentu un nepieciešamo topošo zinātnieku skaita ◆ projekta izpildītāju darbības izbeigšanās darba atstāšanas vai slimības rezultātā. (Mazticams, jo pašreiz šādu pazīmju nav un palicis tikai Projekta pēdējais posms)
--	---

1.10. Identificēto risku samazināšanas vai novēršanas pasākumi

Programmā iesaistītajām institūcijām izstrādātas attīstības stratēģijas, ka rezultātā tiek nostiprināta zinātnisko institūciju kapacitāte un tādējādi arī priekšnoteikums projekta sekmīgai izpildei.

Programmas īstenošanas zinātniskai uzraudzībai izveidota Stratēģiskās vadības grupa, kura izvērtē un sniedz atzinumu par sasniegtajiem zinātniskajiem rezultātiem katrā posmā, vajadzības gadījumā sniedz priekšlikumus kvalitatīvākai programmas mērķu sasniegšanai. Programmas zinātnisko vadību realizē Programmas vadības grupa (Programmas vadītājs kopā ar projektu vadītājiem) – plāno projektu darbus, seko projektu progresam, nodrošina programmas veiksmīgu norisi kopumā. Regulāri izskata programmas progresu reizi ceturksnī, bet, ja nepieciešams, programmas vadītājs organizē apspriedes arī biežāk.

Programmas sadarbības partneriem ir ilgstoša sadarbības vēsture valsts nozīmes pētniecības centra IKSA Centrs izveides projektā, kas būtiski novērš partneru sadarbības riskus programmas realizācijas laikā. Sasniegto rezultātu, ideju apspriešanai regulāri tiek rīkoti semināri.

Uzsākot programmas īstenošanu, katrā iesaistītajā institūcijā, noteikta programmā iesaistītā personāla detalizēta pienākumu un atbildību sadale, izstrādāti visu darbinieku amata apraksti.

Sadarbības partneru Iepirkumu komisijas veic iepirkumu procedūras, projekta pirkumus iekļaujot kopējā plānā, visas preces un pakalpojumi tiek iegādāti atbilstoši Iepirkuma likuma prasībām.

Programmas vadības, ieviešanas un uzraudzības sistēmu un nepieciešamo infrastruktūru nodrošina sadarbības partneri programmā plānoto administratīvo izdevumu ietvarā.

1.11. Programmas kopējais plānotais finansējums (*euro*) **1 000 000,00 (viens miljons eiro 00 centi)**

1.12. Programmā apgūtais finansējums (*euro*)

		1. posms	2. posms	3. posms	4. posms
1000–9000*	IZDEVUMI – KOPĀ	131 575	220 430	225 000	
1000	Athīdzība	102 858	193 571	195 771	
2000	Preces un pakalpojumi (2100+2200)	22 539	26 089	27 259	
2100	Mācību, darba un dienesta komandējumi, dienesta, darba braucieni	4 620	7 611	9 936	
2200	Pakalpojumi	15 250	14 952	15 260	
2300	Krājumi, materiāli, energoresursi, preces, biroja preces un inventārs	1 758	2 598	2 063	
2400	Izdevumi periodikas iegādei	911	928		
5000	Pamatkapitāla veidošana	6 178	770	1 970	

Programmas vadītājs _____
(paraksts¹) _____ (vārds, uzvārds) _____ (datums¹)

Piezīmes.

1. ¹ Dokumenta rekvizītus "paraksts" un "datums" neaizpilda, ja dokuments ir sagatavots atbilstoši normatīvajiem aktiem par elektronisko dokumentu noformēšanu.

2. * Minētie skaitļi ir budžeta finansēšanas klasifikācijas kodi atbilstoši Ministru kabineta 2005. gada 27. decembra noteikumiem Nr. 1031 "Noteikumi par budžetu izdevumu klasifikāciju atbilstoši ekonomiskajām kategorijām".

2. SADAĻA – INFORMĀCIJA PAR PROGRAMMAS PROJEKTIEM

2.1. Projekts Nr.1

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

Ontoloģiju, semantiskā tīmekļa un drošības tehnoloģijas		
Kārlis Čerāns		
Dr.sc.comp.		
LU MII		
Vadošais pētnieks		
Tālrunis	Tālrunis	Tālrunis
E-pasts	E-pasts	E-pasts

Projekta Nr. 1 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 attīstīt konkurētspējīgas uz modeļiem balstītas jaunās informācijas un komunikācijas tehnoloģijas, to lietojumu mūsdienu tīmekļa vidē.

Projekta Nr. 1 uzdevumi

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

Darba uzdevumi	Galvenie rezultāti
1. Izstrādāti kvantu algoritmi pilnās pārlases	Publicēta vai sagatavota publikācija

paātrināšanai.	(SCOPUS)
2. Parādītas kvantu algoritmu priekšrocības vaicājošo algoritmu modelī.	Publicēta vai sagatavota publikācija (SCOPUS)
3. Izstrādāti kvantu algoritmi, kas balstās uz kvantu klejošanu.	Publicēta vai sagatavota publikācija (SCOPUS)
4. Iegūti jauni novērtējumi kombinatoriskiem raksturlielumiem, kas saistīti ar kvantu skaitlošanu.	Publicēta vai sagatavota publikācija (SCOPUS)
5. Tīmekļa vidē darbināmas modelēšanas rīku platformas izstrāde un ontoloģiju modelēšanas un vaicāšanas rīku izstrāde uz tās bāzes	Sagatavota iesniegšanai publikācija (SCOPUS)
6. Ontoloģiju modelēšanas un semantisko datu analīzes rīku pilnveidošana konkrētu lietojuma piemēru kontekstā	Publicēta vai sagatavota publikācija (SCOPUS) Izstrādāts rīka prototips
7. Tiks attīstītas metodes ontoloģiju multilingvālai leksikalizācijai un verbalizācijai, izmantojot esošus, plaši lietotus ietvarus (piem., FrameNet un/vai LEMON).	Publicēta vai sagatavota publikācija (SCOPUS)

Projekta Nr.1 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 iespējamos risinājumus, turpmākā darba virzienus. Kopējais saturiskais izklāsts nepārsniedz četras A4 lapas)

Uzdevumu 1-4 izpildes rezultāti:

- Pētīta kvantu klejošana kā rīks, ar kuru konstruēt kvantu algoritmus meklēšanas uzdevumiem. Parādīts, kā uzlabot vienu no galvenajiem kvantu meklēšanas algoritmiem, divreiz palielinot varbūtību, ka tas izdod pareizo atbildi (1.). Pētīti kvantu klejošanas stacionārie stāvokļi (tas ir, stāvokļi, kuros uzsākot darbu, algoritma stāvoklis nemainās darba gaitā) (2.). Šādi stāvokļi ir būtiski, jo tie bieži atbilst situācijām, kad meklēšanas algoritms neatrod meklējamo objektu.
- Parādīta jauna saikne starp kvantu algoritmiem (melnās kastes jeb vaicājošo algoritmu modelī) un polinomiem: jebkuram kvantu algoritmam, kas izdara 1 vaicājumu par melnajā kastē esošajām ieejas datu vērtībām atbilst 2 pakāpes polinoms un otrādi (3.). Šis ir pirmsais šāda veida rezultāts, kur atbilstība ir abos virzienos: gan no kvantu algoritma uz polinomu, gan otrādi.
- Parādīti vairāki rezultāti par Būla funkciju raksturlielumiem, kas saistīti ar kvantu algoritmiem:
 - Jauna atstarpe starp vaicājumu skaitu (gan klasiskajiem, gan kvantu algoritmiem) un viennozīmīgo sertifikātu sarežģītību (4.);
 - Jaunu novērtējumu Būla funkciju sertifikātu sarežģītībai un bloku jūtīgumam caur Būla funkciju jūtīgumu (5.).
- Publicēti vairāki raksti, kas iepriekšējās atskaitēs norādīti kā sagatavoti vai pieņemti publicēšanai (6., 7., 8.).

1. K.Prūsis, J.Vihrovs and T. G. Wong. Doubling the Success of Quantum Walk Search Using Internal-State Measurements. Journal of Physics A 49, 455301 (2016). (SCOPUS)

2. K.Prūsis, J.Vihrovs and T. G. Wong. Stationary States in Quantum Walk Search. Physical Review A 94, 032334 (2016) (SCOPUS)
3. S.Aaronson, A.Ambainis, J.Iraids, M.Kokainis, J.Smotrovs: Polynomials, Quantum Query Complexity, and Grothendieck's Inequality. Conference on Computational Complexity 2016: 25:1-25:19 (SCOPUS)
4. A.Ambainis, M.Kokainis, R.Kothari. Nearly Optimal Separations Between Communication (or Query) Complexity and Partitions. Conference on Computational Complexity 2016: 4:1-4:14 (SCOPUS)
5. A.Ambainis, K.Prūsis, J.Vihrovs: Sensitivity Versus Certificate Complexity of Boolean Functions. Computer Science in Russia (CSR) 2016: 16-28 (SCOPUS)
6. A.Ambainis, A.Belovs, O.Regev, Ronald de Wolf: Efficient Quantum Algorithms for (Gapped) Group Testing and Junta Testing. SIAM Symposium on Discrete Algorithms (SODA) 2016: 903-922 (previously reported as accepted) (SNIP 1.832)
7. A.Ambainis, K.Balodis, A.Belovs, T.Lee, M.Santha, J.Smotrovs: Separations in query complexity based on pointer functions. ACM Symposium on Theory of Computing (STOC) 2016: 800-813 (previously reported as accepted) (SNIP 2.682)
8. S.Chakraborty, L.Novo, A.Ambainis and Y.Omar. Spatial Search by Quantum Walk is Optimal for Almost all Graphs. Physical Review Letters 116, 100501, 2016 (previously reported as accepted) (SNIP 1.995)

Uzdevumu 5-7 izpildes rezultāti:

- Izstrādāts tīmekļa vidē darbināmas platformas TDA/web prototips, kas ļauj modeļu transformācijām (servera pusē) sadarboties ar grafiskiem prezentācijas dziņiem klienta pusē. Rezultāti ziņoti divās publikācijās (9., 17.).
Sākta tīmekļa vidē darbināmu prezentācijas dziņu – Grafveida diagrammu dziņa un Dialogu dziņa – realizācija un pievienošana TDA/web platformai.
- Ontoloģiju modelēšanas rīkam OWLGrEd pievienoti rīki vadāmai ontoloģiju grafiskai vizualizācijai un lokālām transformācijām starp dažādiem vienas konstrukcijas vizualizācijas variantiem; rīki izmantoti Latvijas Medicīnas reģistru ontoloģijas vizuālā attēlojuma izveidē; izstrādes rezultāti ziņoti publikācijā (13.). Sagatavots atjaunināts OWLGrEd rīka prototips.
Rīks ViziQuer vizuālo vaicājumu veidošanai pār semantiskajām datubāzēm pārbaudīts uz vaicājumu piemēriem pār Latvijas Medicīnas reģistru ontoloģijas datiem; rīkā pievienotas tālākas iespējas agregētu vaicājumu veidošanai; rezultāti ziņoti publikācijā (14.).
Latvijas Medicīnas reģistru ontoloģijas datu attēlošanas infrastruktūras kontekstā formulēti ontoloģiju datu attēlošanas infrastruktūras veidošanas principi, kā arī papildināta datubāzu un ontoloģiju atbilstības valodas RDB2OWL implementācija, piedāvājot pilnu RDB2OWL attēlojumu translāciju uz R2RML. Rezultāti ziņoti publikācijās (10., 16.).
- Sagatavoti un publicēti raksti (11., 12., 15.) par ontoloģiju grafiskās un leksiskās formas kopēju izmantošanu ontoloģiju prezentācijai, kā arī par šīs pieejas realizāciju uz ontoloģiju redaktora OWLGrEd bāzes.
Attīstot pētījuma tematiku, tika veikta priekšizpēte abstraktu nozīmes reprezentāciju multilingvālai verbalizēšanai, izmantojot AMR, PropBank, FrameNet un GF ietvarus (18.). Iestrādes turpmāk tiks attīstītas atsevišķā praktiskas ievirzes pētījumu projektā. Sinergijā ar VPP Letonika ir attīstīts apjomīgs, atvērts, mašīnlasāms latviešu valodas leksikons (19.), kurš atsevišķā praktiskas ievirzes pētījumu projektā tiks sasaistīts ar atvērto saistīto datu mākonī (*Linked Open Data Cloud*), veicinot ontoloģiju leksikalizāciju latviešu valodā.

Turpinot sadarbību ar pētniekiem no Gēteborgas universitātes (Zviedrija), tika

publicēts raksts par iepriekšējā posmā veikto atvasināto pētījumu par kontraktorientētu diagrammu (*CO-Diagrams*) pusautomātisku konstruēšanu, balstoties uz līgumos izteiktām normām (20.).

9. S.Kozlovics. Models and Model Transformations Within Web Applications. In Proc. of Baltic DB&IS 2016, Springer CCIS Series 615, pp. 53-67 (SCOPUS) (Previously reported as submitted)
10. K.Čerāns, G.Būmans. Database to Ontology Mapping Patterns in RDB2OWL Lite. In Proc. of Baltic DB&IS 2016, Springer CCIS Series 615, pp. 35-49 (SCOPUS) (Previously reported as submitted)
11. R.Liepins, U.Bojars, N.Gruzitis, K.Čerāns, E.Celms. Towards Self-explanatory Ontology Visualizations with Contextual Verbalizations. In Proc. of Baltic DB&IS 2016, Springer CCIS Series 615, pp. 3-17 (SCOPUS) (Previously reported as submitted)
12. U.Bojārs, R.Liepiņš, N.Grūzītis, K.Čerāns, E.Celms. Extending OWL Ontology Visualizations with Interactive Contextual Verbalization. In Proc. of the Second International Workshop on Visualization and Interaction for Ontologies and Linked Data (VOILA '16), Kobe, Japan. CEUR Workshop Proceedings, vol. 1704, CEUR-WS.org, 2016, pp.5-16. (Expected to be indexed by SCOPUS).
13. J.Ovčiņnikova, K.Čerāns. Advanced UML Style Visualization of OWL Ontologies. In Proc. of the Second International Workshop on Visualization and Interaction for Ontologies and Linked Data (VOILA '16), Kobe, Japan. CEUR Workshop Proceedings, vol. 1704, CEUR-WS.org, 2016, pp.136-142. (Expected to be indexed by SCOPUS).
14. K.Čerāns, J.Ovčiņnikova. ViziQuer: Notation and Tool for Data Analysis SPARQL Queries. In Proc. of the Second International Workshop on Visualization and Interaction for Ontologies and Linked Data (VOILA '16), Kobe, Japan. CEUR Workshop Proceedings, vol. 1704, CEUR-WS.org, 2016, pp.151-159. (Expected to be indexed by SCOPUS).
15. R.Liepiņš, N.Grūzītis, K.Čerāns, J.Ovčiņnikova, U.Bojārs and E.Celms. Adding Verbalization to Graphical Ontology Editor OWLGrEd. In, Databases and Information Systems IX, Selected Papers from the Twelfth International Baltic Conference, DB&IS 2016, Frontiers in Artificial Intelligence and Applications, Vol 291, IOS Press, pp.17-30, 2016 (Expected to be indexed by SCOPUS).
16. G.Būmans and K.Čerāns. Database to Ontology Mappings in RDB2OWL: Notation and Implementation. In, Databases and Information Systems IX, Selected Papers from the Twelfth International Baltic Conference, DB&IS 2016, Frontiers in Artificial Intelligence and Applications, Vol 291, IOS Press, pp.31-42, 2016. (Expected to be indexed by SCOPUS).
17. S.Kozlovics. A Model-Driven Approach to Web Applications. In, Databases and Information Systems IX, Selected Papers from the Twelfth International Baltic Conference, DB&IS 2016, Frontiers in Artificial Intelligence and Applications, Vol 291, IOS Press, pp.31-42, 2016. (Expected to be indexed by SCOPUS).
18. N.Grūzītis and G.Bārzdiņš. The role of CNL and AMR in scalable abstractive summarization for multilingual media monitoring. Controlled Natural Language, LNCS 9767, Springer, 2016, pp. 127-130 (SCOPUS)
19. A.Spektors, I.Auziņa, R.Dargis, N.Grūzītis, P.Paikens, L.Pretkalniņa, L.Rituma and B.Saulīte. Tezaurs.lv: the largest open lexical database for Latvian. Proceedings of the 10th International Conference on Language Resources and Evaluation (LREC), 2016, pp. 2568-2571 (Expected to be indexed by Web of Science) (previously reported as accepted)
20. John J. Camilleri, N.Gruzitis and G.Schneider. Extracting formal models from normative texts. Natural Language Processing and Information Systems, LNCS 9612, Springer, 2016, pp. 403-408 (SCOPUS) (Previously reported as submitted)

Izglītības pasākumi:

- Novadīts specseminārs LU datorzinātņu bakalaura programmas studentiem "Kvantu algoritmi"
- Novadīts specseminārs LU datorzinātņu bakalaura programmas studentiem "Vizuāli rīki datu analīzei"
- Novadīts maģistra darbs "CAPTCHA un tās alternatīvas Tjūringa testa realizācijai tīmekļa lapās" (I. Ivanāne);
- Novadīts bakalaura darbs "Kvantu algoritmi bumbu meklēšanas modelī" (A. Kuzņecovs);
- Novadīts bakalaura darbs "Eliptisko līkņu kriptosistēmu pielietojumi" (K. Magons, balva par labāko bakalaura darbu IT nozarē Latvijā);

Publicitātes pasākumi.

Andris Ambainis nolasījis vairākas populāras lekcijas par kvantu skaitlošanu:

- Rīgas Purvciema vidusskolas skolniekiem, 19.01.2016;
- Lietuvā notiekošajā dabaszinātņu studentu zinātniskajā konferencē “Open Readings” (ap 200 dalībniekiem no dažādām valstīm), 18.03.2016;
- IT firmas “Accenture” darbiniekiem, 19.05.2016;
- Baltijas konferencē “Data bases and Information Systems”, 06.07.2016;
- IT drošības konferencē “Kiberšahs” (ap 700 IT drošības speciālistu, galvenokārt no Latvijas), 06.10.2016.

Rīkotie semināri:

- Daži semantisko tehnoloģiju jautājumi, 11.11.2016, LU MII 210.telpa.
- Jaunākie rezultāti mākslīgā intelekta jomā LU MII Mākslīgā intelekta laboratorijā, 16.09.2016, LU MII 210.telpa.

(4 referāti ziņoti iepriekšējā pārskata periodā): LU 74.konferencē (izglītojamos ietveroša auditorija) nolasīti 5 referāti:

- Andris Ambainis. Cik liela var būt atšķirība starp kvantu un determinētajiem algoritmiem? (Datorzinātņu sekcija),
- Mārtiņš Kokainis. No polinomiem uz kvantu algoritmiem (Datorzinātņu sekcija),
- K. Čerāns, J. Ovčiņnikova, M. Zviedris. ViziQuer: diagrammatiska vaicājumu notācija un rīks pār semantiskajām datubāzēm (Datorzinātņu sekcija), 12.02.2016
- Kārlis Čerāns, Guntars Būmans, Jūlija Ovčiņnikova, Aiga Romāne, Mārtiņš Zviedris, Dinamiskas analīzes rīki medicīnas datiem (Medicīnas sekcija), 19.02.2016
- Normunds Grūzītis, Andrejs Spektors. Tēzaurs.lv – lielākā atvērtā latviešu valodas leksikas datubāze (Datorlingvistikas sekcija), 18.02.2016

Projekta Nr.1 apgūtais finansējums (*euro*)

		Plānots 2014.– 2017. g.	1. posms	2. posms	3. posms	4. posms
1000– 9000*	IZDEVUMI – KOPĀ	305 555	40 203	67 354	68 750	
1000	Atlīdzība	260 713	31 236	59 551	58 038	
2000	Preces un pakalpojumi	34 813	4 878	7 803	10 712	

	(2100+2200)					
2100	Mācību, darba un dienesta komandējumi, dienesta, darba braucieni	10 800		3 677	7 115	
2200	Pakalpojumi	22 384	4 299	3 372	3 275	
2300	Krājumi, materiāli, energoresursi, preces, biroja preces un inventārs	1 629	579	754	322	
5000	Pamatkapitāla veidošana	10 029	4 089			

* Minētie skaitļi ir budžeta finansēšanas klasifikācijas kodi.

Projekta Nr. 1 rezultatīvie rādītāji

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

Rezultatīvais rādītājs	2014.– 2017. g. .	Rezultāti						
		plānots	sasniegts					
			2014. g.		gads			
Zinātniskie rezultatīvie rādītāji								
1. Zinātnisko publikāciju skaits:								
oriģinālo zinātnisko rakstu (SCOPUS)(SNIP>1) skaits	2	2 (sa gatav oti)		5				
Citi Web of Science vai SCOPUS datubāzēs iekļautajos izdevumos publicēti oriģināli recenzēti konferenču raksti	9	3 (sa gatav oti)		7 un 4 sagata voti	10			
oriģinālo zinātnisko rakstu skaits ERIH(A un B) datubāzē iekļautajos žurnālos vai konferenču rakstu krājumos				1				
recenzētu zinātnisku monogrāfiju skaits								
...								
2. Programmas ietvaros aizstāvēto darbu skaits:								
promocijas darbu skaits	2	1						
maģistra darbu skaits	4			2	1			
3....								
Programmas popularizēšanas rezultatīvie rādītāji								
1. Programmas gaitas un rezultātu popularizēšanas interaktīvie								

pasākumi, kuru mērķu grupās iekļauti arī izglītojamie, skaits:						
konferences	4	3	4	1		
semināri	3		2			
rīkotie semināri	5		1	2		
populārzinātniskas publikācijas	3		1	1		
izstādes						
Konferenču tēzes (bez rakstiem)			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 zinātības						
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	2			1		
4. Ieviešanai nodoto jauno tehnoloģiju, metožu, prototipu, produktu vai pakalpojumu skaits (noslēgtie līgumi par intelektuālā īpašuma nodošanu)	1					

* Norāda pēc programmas īstenošanas.

Projekta Nr.1 vadītājs

(paraksts¹)

(vārds, uzvārds)

(datums¹)

Zinātniskās institūcijas vadītājs

(paraksts¹)

(vārds, uzvārds)

(datums¹)

Piezīme.¹ Dokumenta rekvizītus "paraksts" un "datums" neaizpilda, ja dokuments ir sagatavots atbilstoši normatīvajiem aktiem par elektronisko dokumentu noformēšanu.

2.2. Projekts Nr. 2

nosaukums

Biometrija, biosignāli un neinvazīvās bezkontakta diagnostikas tehnoloģijas

projekta vadītājs:

vārds, uzvārds,
zinātniskais grāds
zinātniskā institūcija
amats
kontakti

Jānis Hofmanis	
PhD, Dr.sc.comp	
Ventspils Augstskola	
Vadošais Pētnieks, docents	
Tālrunis	22078375
E-pasts	janis.hofmanis@venta.lv

Projekta Nr. 2 mērķi

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

Projekts tiek realizēts ar mērķi attīstīt jaunas un modernas E-medīcīnas tehnoloģijas jomā, kas skar biosignālu/bioattēlu ieguvi un apstrādi slimību un pataloģiju diagnosticēšanai, datorizētu lēmumu pieņemšanai (lēmumu atbalsta sistēmu) ar zināšanu bāzu un mākslīgā intelekta lietojumu, nodrošinot monitoringu un aprobāciju klīniskos apstākļos.

Projekta Nr. 2 uzdevumi

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

Darba uzdevumi	Galvenie rezultāti
1.1. Radioloģisko attēlu apstrādes un papildinformācijas attēlošanas pētījumi	- 3 publikācijas - 2 uzstāšanās konferencēs ar referātiem - Iesniegts "1.1.1.1. Praktiskas ievirzes pētījumi" projekts par radioloģisko attēlu apstrādes un vizualizācijas tehnoloģijām un to abrobāciju slimnīcās (kopā ar SIA Arbor un SIA Diamed)
Inverso problēmu pētījumi biomedīcīnas pielietojumos	- 2 publikācijas - 4 uzstāšanās konferencēs ar referātiem
Bioelektromagnētisma pētījumi cilvēku smadzenēs	- 2 publikācijas (abas SCOPUS) - 1 publikācija (SCOPUS, Human Brain Mapping, Ietekmes faktors - 5.9, SNIP: 1,728)
Lemšanas koku variācijas medicīnas uzdevumos. Lemšanas koku apvienojumi. Lemšanas koku mijiedarbība, tabulu un produkciju likumu savstarpējā saistība un lietojumi.	- 1 publikācija (SCOPUS) - 2 uzstāšanās konferencēs ar referātiem (rakstu krājums indeksēts SCOPUS)
Bioloģisko struktūru grafu-teorētiskais aspekts a) Pielāgot attēlu analīzes algoritmus bioloģisku struktūru attēliem, tai skaitā audu un šūnu noteikšanas problēmai. b) Modelēt telpisku tīklveida bioloģisko struktūru attēlu atpazīšanu, realizējot stereo piekārtojuma epipolāro struktūru kombinatorisko analīzi 3D taisnlīniju zarojumu grafu stereopāros.	* rezultātu aprakstu skatīt pie 2.4 sadaļas, uzdevuma nr. 5.

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 (lietiskiem pētījumiem). Raksturo problēmas, to iespējamos risinājumus, turpmākā darba virzienus. Kopējais saturiskais izklāsts nepārsniedz četras A4 lapas)

Nr 1. Radioloģisko attēlu apstrādes un papildinformācijas attēlošanas pētījumi

Patoloģiskas anatomijas objektu bioloģisko audu pētījumi saistīti ar nepieciešamību iegūt statistiskus datus praktizējošiem ķirurgiem. Savukārt uz pētījama objekta attēla statisko datu iegūšanai nepieciešami veikt interesēto audu segmentāciju (šajā kontekstā attēla iegūšanas veids nav principiāls). Patoloģisko audu, ka arī audu bez patoloģiskām izmaiņām segmentācijas metodes izstrāde ir galvenais apakš uzdevums statistisko datu iegūšanai. Parastās segmentācijas metodes nedod iespēju sekmīgi veikt patoloģiski izmainīto un neizmanīto audu izdalīšanu, līdz ar to eksistē nepieciešamība progresīvo segmentācijas metodes izstrādei. Pārskata periodā tika izstrādāta metode bioloģisko objektu segmentācijai. Metode ir bāzēta uz tēlu atpazīšanas metodēm izmantošanai un to pielāgošanu segmentācijas uzdevumiem (segmentācijas uzdevums tiek transformēts uz klasifikācijas uzdevumu). Tika piedāvāta modifīcēta segmentācijas metode, kura ļauj ievērojami samazināt segmentācijas laiku un saglabāt pietiekamo segmentācijas precīzitāti. Izstrādāta metode tiek aprobēta uz reālo patoloģiskās anatomijas objektu attēliem. Izstrādātās metodes efektivitāte tiek pārbaudīta eksperimentā.

Publikācijas un konferences:

A.Sisojevs, K.Boločko, Vector-Based Approach to Skeleton Extraction from the Human Hand's 3D Model. No: 13th International Conference on Applied Computing 2016 Processing (IADIS). Proceedings, Vācija, Manheima, 28.-30. oktobris, 2016. Manheima: IADIS, 2016, 195. - 199.lpp.

A.Sisojevs, R.Starinskis, P.Stradiņš, An Semi-Automatic Approach for Fast Statistical Data Extraction from Aortic Valve. No: Multi Conference on Computer Science and Information Systems, Computer Graphics, Visualization, Computer Vision and Image Processing (IADIS): Proceedings, Portugale, Funšala, 1.-4. jūlijs, 2016. Lisbon: IADIS, 2016, 293.-297.lpp.

A.Sisojevs, R.Starinskis, An Approach for Fast Statistical Data Extraction from Biomedical Objects. Datorvadības tehnoloģijas. Nr.16, 2016, 64.-71.lpp.

Pārskata periodā šīs aktivitātes ietvaros tika izstrādāts un iesniegts “1.1.1.1. Praktiskas ievirzes pētījumi” projekts par radioloģisko attēlu apstrādes un vizualizācijas tehnoloģijām un to abrobāciju slimnīcās (kopā ar SIA Arbor un SIA Diamed)

Šī projekta mērķis ir izstrādāt tehnoloģijas (algoritmus, funkcionālo modeli, eksperimentālo programmatūras kodu) prototipu radioloģijas un slimnīcu informācijas sistēmām, kas izmantotu jaunas datu apstrādes un interpretācijas metodes un algoritmus multimodālu (magnētiskās rezonances - MRI, datortomogrāfijas - CT, pozitronu emisijas tomogrāfijas - PET) biomedicīnisko signālu un attēlu iegūšanai, apstrādei un vizualizācijai, lai uzlabotu dažādu slimību un pataloģiju diagnožu precīzitāti un efektivitāti kliniskajā vidē.

Projekta ietvaros, veicot pētniecību biomedicīnas, medicīnas tehnoloģiju, informācijas un komunikāciju tehnoloģiju jomās, tiks izstrādāta vismaz viena jauna komercializējama tehnoloģija, jauna diagnostiskā metode, publicēšanai iesniegt vismaz divi zinātniskie raksti un notiks dalība vismaz vienā zinātniskajā konferencē, tādā veidā sniedzot ieguldījumu Latvijas

viedās specializācijas stratēģijā ietverto tautsaimniecības transformācijas virzienu, zinātnes un tehnoloģiju cilvēkkapitāla attīstībā un 2020. gadam izvirzītā mērķa - inovatīvu un starptautiski konkurētspējīgu produktu ar augstu pievienoto vērtību radīšana un ieviešana ražošanā, sasniegšanā.

Nr. 2. Inverso problēmu pētījumi biomedicīnas pielietojumos.

a) Biometrija, biosignāli un neinvazīvās bezkontakta diagnostikas tehnoloģijas.

Pārskata periodā turpinājās darbs pie neinvazīvas bezkontakta slimību diagnostikas tehnikas izstrādes, kas balstās uz CRDS (iekšrezontora dzišanas spektroskopijas) principiem, lai noteiktu dažādas slimības, tai skaitā diabētu un vēzi no cilvēka izelpā esošajām gāzēm. Jau iepriekšējā periodā izveidota CRDS sistēma. Pārskata periodā tika veikta iekārtas kalibrēšana, kā arī veikti dažādi testa mērījumi. Kalibrēšana veikta acetonam, kas, piemēram, ar diabētu slimu pacientu izelpā ir ar kārtu 1 – 3 ppm. Veikti mērījumi cilvēkiem pēc fizikas slodzes, pēc diētas, smēķētājiem. Veikti pirmie mērījumi arī, lai noteiktu izelpā benzolu. Uzsākta sadarbība ar Latvijas Universitātes medicīnas fakultāti un RTU zinātniekim sensoru izstrādei.

b) Regularizācijas metodes turpmāka attīstība

Turpinājās darbs pie N.Zorinas dissertācijas nobeigšanas, kā arī regularizācijas metodes attīstības pielietojumu inverso problēmu risināšanai bezkontakta spektroskopiskai diagnostikai.

Disertācija sagatavota iesniegšanai.

Pētījumu rezultāti publicēti:

Publikācijas:

1. G.Revalde, J.Alnis, E.Nitišs, K.Blušs, K.Grundsteins, “CRDS measurements of Acetone concentration”, Abstract in the book “ 23rd International Conference on Spectral Line Shapes”, ICSLS, 19-24 June ,2016, Torun, Poland, printed by Wydawnictwo Naukowe UMK, editor Piotr Ablewski, pp.137.
2. G.Revalde, N.Zorina, A.Skudra, Multicomponent line profile restoring by means of illposed inverse task solution, Abstract in the book “23rd International Conference on Spectral Line Shapes”, ICSLS, 19-24 June, 2016, Torun, Poland, printed by Wydawnictwo Naukowe UMK, editor Piotr Ablewski, pp.180.

Daliba konferencē ar referātiem:

1. G.Revalde, N.Zorina, A.Skudra „Multicomponent line profile restoring by means of ill-posed inverse task solution” proceedings of 23ICSLS (23rd International Conference on Spectral Line Shapes), Torun, Poland, June 19-24.
2. G.Revalde, J.Alnis, K.Grundsteins, “CRDS measurements of Acetone concentration”, Abstract in the book “ 23rd International Conference on Spectral Line Shapes”, proceedings of ICSLS, 19-24 June, 2016, Torun, Poland
3. G.Revalde, J.Alnis, K.Grundsteins, A.Skudra, Cavity Ring-Down Spectroscopy technique for detecting biomarkers, konference New Technologies of Early Cancer Screening And Diagnosis of Few Other Diseases on the base of exhaled air analysis, November 8-9, 2016, Mikkeli, Finland.
4. A.Skudra, G.Revalde, J.Alnis, Cavity Ring-Down Spectroscopy set-up for non-invasive

diagnosticēs, konference New Technologies of Early Cancer Screening And Diagnosis of Few Other Diseases on the base of exhaled air analysis, November 8-9, 2016, Mikkeli, Finland.

Nr 3. Bioelektromagnētisma pētījumi cilvēku smadzenēs

Smadzeņu bioelektrisko pētījumu tiesā problēma balstās uz izplatīšanās vides modeļiem (galvu veidojošajām šūnām), par pamatu izmantojot biofizikālos vienādojumus, kas saista avotus un generētos elektriskos potenciālus (EEG/SEEG). Šie modeļi tiek veidoti balstoties uz diviem galvenajiem elementiem -- smadzeņu struktūrām, kas patiesībā ir anatomiķi ļoti sarežģītas (nehomogēnas un anizotropas) un avotu parametriem, kurus arī ir ļoti sarežģīti modelēt to telpas un laika dinamikas dēļ. Pateicoties biežai precīzi kontrolētai intracerebrālo elektrisko stimulāciju veikšanai klīniskos apstākļos (noteiktā vietā smadzenēs, noteiktā amplitūdā un frekvencēs) ir iespējams noteikt un labi pārzināt šos intracerebrālo "avotu" parametrus. Tāpēc aktuālākā problēma tiešās problēmas risināšanā ir cerebrālo struktūru un to vadītspējas modelēšanā un smadzeņu dažādo vielu elektrovadīdspēju un citus parametrus. Pienemot atsevišķas hipotēzes, mēs veicam izplatīšanās modeļa, kas balstīts un FEM konstrukcijām, parametru ietekmes analīzi uz rezultātiem. Šis reālistisks FEM modelis ir balstīts uz 5 dažādu šūnu nodalījumiem, kas izgūti no intracerebrāli pētīto pacientu CT un MRI attēliem. Mēs iztirzāsim dažādu izplatīšanās vižu modeļu sniegumu (FEM, BEM, sfēriskais modelis) un paskaidrosim šo modeļu iespēju robežas atkarībā no stimulācijas atrašanās vietas -- dziļa, vidēji dziļa vai laterāla. Bez tam tiek salīdzināts arī iegūtie rezultāti gadījumos, kad reģistrēti vienlaicīgi gan galvas virsmas (EEG), gan intracerebrālie elektriskā potenciāla mērijumi (SEEG). Pētījumā arī tiek apskatīta inversā problēma, lokalizējot avotus, izmantojot intracerebrālos SEEG datus un analizējot biofizikālā modeļa un avotu skaita ietekmi uz rezultātiem. Šis pētījums par avotu lokalizāciju, kas balstīta uz SEEG mēriju svērumu, lielāku svaru dodot mērijumiem avota apkārtnē, tika pielietota vairāku vienlaicīgu aktivitāšu lokalizēšanai. Lokalizēšana tikai pielietota gan uz slimnīcā veiktajām elektriskās stimulācijām gan arī pielietota uz klīniskajiem datiem.

Pētījumu rezultāti publicēti:

Publikācijas:

L.Koessler, S.Colnat-Coulbois, T.Cecchin, J.Hofmanis, J.P.Dmochowski, A.M.Norgia, & L.G.Maillard (2016). In-vivo measurements of human brain tissue conductivity using focal electrical current injection through intracerebral multicontact electrodes*. Human Brain Mapping (IF - 5.9) (SCOPUS, SNIP: 1,728), <https://www.journalguide.com/journals/human-brain-mapping>

H.Altakroury, L.Koessler, J.Hofmanis, & V.Louis-Dorr (2016). In vivo estimation of head conductivities frequency response with IES and SEEG-EEG. Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology, 46(2), 77-79.*

V.Louis-Dorr, H.Altakroury, J.Hofmanis, V.Caune, R.Ranta, S.Le Cam & L.Koessler (2016). Résolution de problèmes direct et inverse à partir de mesures SEEG et de la stimulation électrique intracérébrale. Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology, 46(2), 88.*

* Publikācijās nav atsauces uz NexIT projektu, jo lielāko daļu autoriem finansēšanas avots ir cits. No NexIT tiek finansēts J. Hofmanis ar niecīgu daļu attiecībā pret pārējo finansējumu, kas bija nepieciešams, lai veiktu šos pētījumus.

Nr 4. Lemšanas koku variācijas medicīnas uzdevumos

Terapijas izvēles uzdevumos medicīnā pie katras diagnozes vai raksturīga stāvokļa jāpieņem lēmums par atbilstošu medikamentu lietošanu. Medikamentu izvēli nosaka to indikācijas un efektivitāte, bet ierobežo to kontrindikācijas, atbilstoši Eiropas vadlīnijām arteriālās hipertensijas slimnieku ārstēšanai. Lemšanas procedūru var ilustrēt ar lemšanas koku (LK).

LK konstrukcijas ir daudzveidīgas, kā pēc formas, tā pēc satura.

Izveidojot noteikta virziena LK sistēmu var veidoties situācija, kad lēmums netiek pieņemts konkrētā LK ietvaros, bet pārsūtīts uz citu LK.

Savukārt var izveidoties situācijas, kad lemšanas procedūru virza atpakaļ uz sākotnējo LK. Veidojas „apburstais loks”, no kura nevar izklūt bez „ķirurgiskas iejaukšanās”, t.i. bez loka pārraušanas. Pārrāvumu organizē ar nosacījumu, ka „apburto loku” iziet tikai vienu reizi.

LK pozitīvā īpašība ir to vizuālā skaidrība un uztveramība. Diemžēl nav pārliecības, ka izveidoti visi LK.

Visas notikumu kopas izveidei visparocīgākās ir lemšanas tabulas (LT), kur katra rūtiņa ir viens parciāls lēmums un visa LT ir visu notikumu kopa.

LT priekšrocība ir tā, ka skaidri iezīmējas tabulas apgabali, kur lēmums ir pašsaprotams vai vismaz vieglāk formulējams un apgabali ar grūti formulējamiem lēmumiem, kad jālieto ekspertu novērtējumu eksperimenti.

Pētījumu rezultāti publicēti:

Publikācijas:

1. K.Mezale, A.Kundzins, Z.Markovics, Decision table synthesis in fuzzy Environment for industrial robot-telpher. 15-th International Scientific Conference Engineering for Rural Development, Latvia, Jelgava, May 25-27, 2016. pp.1054-1058. <http://www.tf.llu.lv/conference/proceedings2016/>
2. A.Laurs, J.Priekulis, Z.Markovics, A.Aboltins, Research in farm management Technologies using the expert method. Agronomy Research, Volume 14, Number 3, Tartu, Estonia, 2016, pp.811-820.

Nr 5. Bioloģisko struktūru grafu-teorētiskais aspekts

(1) Bioloģisku tīklojumu zarojumu detektors uz cirkulārā profila kontroles pamata paralelizējamas multi-izšķiršanas pieejā.

(2) Tālāk attīstīts šķautņu centrētas bioloģiska tīklojuma grafu atpazīšanas virziens. Turpināta atpazinēja lietojamības pilnveidošana un dublēto šķautņu redukcija. Implementēts grafu zīmējumu parametrizējams ģenerators, kas sagatavo atpazīstamo testa grafu zīmējumu sērijas. Sākts pētījums patvalīgas konfigurācijas pārtrauktu punktsvītrotu šķautņu atpazīšanā, pirmkārt, kritiski izvērtējot līdzšinējā risinājuma ierobežojumus, otrkārt, attīstot alternatīvu risinājumu uz literatūrā atrastās pieejas pamata.

(3) Sarežģīta fona dabiska bioloģiska tīklojuma struktūras detektors – koku lapas paralelizējamas multi-izšķiršanas pieejā.

(4) Tā kā tipisks bioloģisks tīklojums ir telpisks, tad telpiskumu ir dabiski iekļaut arī attiecīgo grafu atpazīšanas problemātikā. Pirmā nostādne tad būtu telpiska tīklojuma grafu stereopāru atpazīšana. Līdz ar to nepieciešami arī dažādi telpisko tīklojumu un to stereopāru ģeneratori.

(5) Telpisku tīklveida bioloģisko struktūru attēlu atpazīšanas modelēšana, realizējot stereo piekārtojuma epipolāro struktūru kombinatorisko analīzi 3D taisnlīniju zarojumu grafu stereopāros. Taisnes nogriežņu konfigurāciju grafu stereopāru atpazīšana: ģenerators, dziļumu rēķinātājs, kombinatoriska atbilstību meklētāja rijīgā versija. Pētījums par prasībām stereopāru attēlu atpazīnējam. Sākts izstrādāt mācību-metodisku materiālu “Taisnes nogriežņu

telpiskas tīkļveida konfigurācijas algoritmiska atpazīšana no stereopāra”.

Projekta Nr. 2 apgūtais finansējums (*euro*)

		Plānots 2014.– 2017. g.	1. posms	2. posms	3. posms	4. posms
1000– 9000*	IZDEVUMI – KOPĀ	191 666	25 219	42 249	43 125	
1000	Atlīdzība	161 902	20 156	40 246	40 207	
2000	Preces un pakalpojumi (2100+2200)	25 372	5 063	2 003	2 918	
2100	Mācību, darba un dienesta komandējumi, dienesta, darba braucieni	10 865	0	385	1 200	
2200	Pakalpojumi	13 638	5 063	1 618	1 718	
2300	Krājumi, materiāli, energoresursi, preces, biroja preces un inventārs	869				
5000	Pamatkapitāla veidošana	4 392	0			

* Minētie skaiti ir budžeta finansēšanas klasifikācijas kodi.

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						
		2014. g.		gads				
		kopā	t. sk. iepriek šējā periodā uzsākts	2015.	2016.	2017.	2018.*	2019.*
Zinātniskie rezultatīvie rādītāji								
1. Zinātnisko publikāciju skaits:								
originālo zinātnisko rakstu (SCOPUS) (SNIP > 1) skaits	2	1 (sa gatav ots)		1	1			
Citi Web of Science vai SCOPUS datubāzēs iekļautajos izdevumos publicēti origināli recenzēti konferenču raksti un raksti	6			1	4			
originālo zinātnisko rakstu skaits ERIH (A un B) datubāzē iekļautajos žurnālos vai konferenču rakstu krājumos				3	1 iesni egta			
recenzētu zinātnisku monogrāfiju skaits								
2. Programmas ietvaros aizstāvēto darbu skaits:								
promocijas darbu skaits	5			1 (pieņ emts aizstā	1			

				vēšan ai)			
maģistra darbu skaits	5			2			
Programmas popularizēšanas rezultatīvie rādītāji							
1. Programmas gaitas un rezultātu popularizēšanas interaktīvie pasākumi, kuru mērķu grupās iekļauti arī izglītojamie, skaits:							
konferences	5	1		4			
semināri		1					
rīkotie semināri	9						
populārzinātniskas publikācijas	1						
izstādes	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 zinātības							
2. Programmas ietvaros pieteikto, reģistrēto un spēkā uzturēto patentu vai augu šķirņu skaits:							
Latvijas teritorijā	1						
ārpus Latvijas							
3. Programmas ietvaros izstrādāto jauno tehnoloģiju, metožu, prototipu vai pakalpojumu skaits, kas aprobēti uzņēmumos	2						
4. Ieviešanai nodoto jauno tehnoloģiju, metožu, prototipu, produktu vai pakalpojumu skaits (noslēgtie līgumi par intelektuālā īpašuma nodošanu)	1						

* Norāda pēc programmas īstenošanas.

Projekta Nr. 2 vadītājs

(paraksts¹⁾)

(vārds, uzvārds)

(datums¹⁾)

Zinātniskās institūcijas vadītājs

(paraksts¹⁾)

(vārds, uzvārds)

(datums¹⁾)

2.3. Projekts Nr. 3
nosaukums

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

**Sensoru tīklu un signālu apstrādes pielietojumi
tautsaimniecībā**

Nadežda Kučicina	
Dr.inž.	
Rīgas Tehniskā universitāte	
Profesore	
Tālrunis	+37126162662
E-pasts	Nadezda.Kunicina@rtu.lv

Projekta Nr. 3 mērķi

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

Projekta mērķis ir izstrādāt un praktiski realizēt jaunas metodes integrētu liela apjoma sensoru datu apstrādei, kas ļautu iegūt, uzkrāt un interpretēt datus par pilsētvidi, kā arī modelēt tajā notiekošos procesus, lai nodrošinātu augsta līmeņa automātisku vai pārraudzītu lēmumu pieņemšanu potenciālo draudu novēršanai pilsētvidē, izmantojot augstas veikspējas skaitļošanu un nākamās paaudzes viedo sensoru infrastruktūru. Datu pārraides modelis tiek testēts laboratorijas apstākļos.

Projekta Nr. 3 uzdevumi

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

Darba uzdevumi	Galvenie rezultāti
<p>1. Izstrādāt matemātiskās modelēšanas metodes, augstas veikspējas aprēķinu tehnoloģijas un kiberfizikālās sistēmas, tās aprobēt medicīnā, viedā pilsētsaimniecībā;</p> <p>Pilsētsaimniecības infrastruktūras apkalpošanas un apkalpošanas iekārtu e.g. ūdensapgādes, elektroapgādes un apkalpojošo sistēmu efektīvās darbības nodrošināšanai tika veikti pētījumi un iestrādāts modernizētās vadības metodes, ir uzsāktas veiksmīgas sarunas par pieeju pārbaudi pašvaldības infrastruktūras sistēmās. Tieki turpināti pētījumi par kiberfizikālo sistēmu aprobēšanu veselības aprūpē. Projektā paredzēts turpināt pētījumus ilgtspējīgas un drošas pilsētvides sasniegšanai un tiks veikti datu pārraides un signālu apstrādes pētījumi, ieviešot jaunas datu pārraides un sistēmas vadības metodes pilsētsaimniecībā. Koncentrējoties uz IKT risinājumiem drošas pilsētvides jomā, tieki veikta prototipa testēšana un risinajuma integrācija pilsētvidas infrastruktūras vadības tehnoloģiju līmeņos.</p>	<p>Zinātniskā monogrāfija ir sagatavota iesniegšanai redakcijā.</p> <p><u>Dalība industriālās izstādē 2:</u></p> <p>Izgudrojumu un inovāciju izstāde MINOX 2016 http://www.connectlatvia.lv/izstade-minox-2016/</p> <p>Starptautiskā mašīnbūves, metālapstrādes, automatizācijas, elektronikas, elektrotehnikas, ražošanas materiālu, instrumentu un jauno tehnoloģiju izstāde "Tech Industry 2016" http://www.techindustry.lv/index.php/lv/pasakumi/11-lapu-sadalas?start=8</p> <p><u>Originālo zinātnisko SCOPUS rakstu skaits: 3 (raksti iesniegti SCOPUS)</u></p> <p><u>Originālo zinātnisko SCOPUS rakstu skaits: 3 (raksti ir iesniegti SCOPUS)</u></p> <p>1. M.Ekmanis, A.Nikitenko. Mobile Robot Camera Extrinsic Parameters Auto Calibration by Spiral Motion. No: 15th International Scientific Conference "Engineering for Rural Development": Proceedings. Vol.15, Latvija,</p>

	<p>Jelgava, 25.-27. maijs, 2016. Jelgava: 2016, 558.-565.lpp. ISSN 1691-5976</p> <p>2. E.Sultanovs, A.Romanovs and A.Skorobogatko Centralized Healthcare Cyber- Physical System's Architecture Development 2016 57th International Scientific Conference on Power and Electrical Engineering of Riga Technical University, Latvija, Riga, 13.-14. oktobris, 2016. Riga: RTU Press, 2016, 1.-5.lpp. ISBN 978-1-5090-3731-5. e-ISBN 978-1-5090- 3730-8. 6 lpp. (iespiešanā)</p> <p>3. A.Zabasta, K.Kondratjevs, N.Kunicina, J.Peksa, L.Ribickis, J.Caiko. Smart Municipal Systems and Services Platform Development. 17th International Conference Mechatronika 2016, Prague, Czech Republic, December 7 – 9, 2016 7 lpp (iespiešanā)</p> <p><u>Konferences 3:</u></p> <p>1. M.Ekmanis, A.Nikitenko. Mobile Robot Camera Extrinsic Parameters Auto Calibration by Spiral Motion. No: 15th International Scientific Conference "Engineering for Rural Development": Latvija, Jelgava, 25.-27. maijs, 2016. Jelgava: 2016,</p> <p>2. E.Sultanovs, A.Romanovs and A.Skorobogatko Centralized Healthcare Cyber- Physical System's Architecture Development 2016 57th International Scientific Conference on Power and Electrical Engineering of Riga Technical University, Latvija, Rīga, 13.-14. oktobris, 2016.</p> <p>3. A.Zabasta, K.Kondratjevs, N.Kunicina, J.Peksa, L.Ribickis, J.Caiko, Smart Municipal Systems and Services Platform Development. 17th International Conference Mechatronika 2016, Prāga, Čehija , Decembris 7 – 9, 2016</p> <p><u>- Programmas ietvaros izstrādāto jauno tehnoloģiju, metožu, prototipu vai pakalpojumu skaits, kas aprobētas uzņēmumos 1</u></p> <p>Pievienots atzinums no SIA “Ādažu ūdens”.</p> <p><u>Populārzinātniskas publikācijas 4:</u></p>
--	---

	<p>1. Informācija ir publicēta 'Ilustrētā zinātnē' (2016.gada maijs)</p> <p>2. 2016.gada 25. maijā, plkst. 10.15. notika intervija Latvijas Radio 1 raidījumā "Zināmais nezināmajā" producente Paula Gulbinska. Raidījuma tiešraide — plkst. 10.30-11.00.</p> <p>3-4. Informācija par dalību Minox 2016 un izstādes rezultāti tiek izplatīti http://www.connectlatvia.lv/izstade-minox-2016/ http://ru.sputniknews.lv/Latvia/20161009/2936685/vystavka-innovacij-riga.html</p> <p>5. Informācija RTU mājas lapā: https://www.rtu.lv/lv/universitate/masimedijiem/zinas/atvert/ipasa-sistema-palidzes-atrnoteikt-un-noverst-zudumus-udens-un-siltuma-apgades-tiklos-12959</p>
2. Veikt pētījumus un izstrādāt inovatīvus risinājumus viedo transporta sistēmu tematikā;	<p><u>Oriģinālo zinātnisko SCOPUS rakstu skaits 8:</u></p> <p>Iesniegts raksts starptautiskā žurnālā:</p> <p>1. N.Zenina, A.Romanovs, Y.Merkuryev Trip-based transport travel demand model for intelligent transport system measure evaluation based on micro simulation, starptautiskā žurnālā "Int. J. of Simulation and Process Modelling". (iesniegts SCOPUS)</p> <p>2. I.Kabashkin. Heuristic Based Decision Support System for Choice of Alternative Routes in the Large-Scale Transportation Transit System on the Base of Petri Net Model. Procedia Engineering, Volume 134, Elsevier, 2016, Pages 359-364, ISSN 1877-7058. DOI:10.1016/j.proeng.2016.01.020. (publicēts SCOPUS)</p> <p>3. K.Kondratjevs, N.Kuņicina, A.Patļins, A.Zabašta, A.Galkina. Vehicle Weight Detection Approach Development for Data Collecting in Sustainable City Transport System. No: 2016 57th International Scientific Conference on Power and Electrical Engineering of Riga Technical University, Latvija, Riga, 13.-14. oktobris, 2016. Riga: RTU Press, 2016, 1.-5.lpp. ISBN 978-1-5090-3731-5. e-ISBN 978-1-5090-3730-8. (iespiešanā); (iesniegts</p>

	<p>SCOPUS)</p> <p>4. I.Kabashkin. Effectiveness of Redundancy in Communication Network of Air Traffic Management System. In the book “Dependability Engineering and Complex Systems”. Volume 470 of the series “Advances in Intelligent Systems and Computing”. Springer, Switzerland, 2016, pp. 257-265. Print ISBN 978-3-319-39638-5, Online ISBN 978-3-319-39639-2. DOI 10.1007/978-3-319-39639-2_22. http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-39639-2_22 (iesniegts SCOPUS)</p> <p>5. I.Kabashkin. Analysing of the Voice Communication Channels for Ground Segment of Air Traffic Management System Based on Embedded Cloud Technology. In the book “Information and Software Technologies”. Volume 639 of the series “Communications in Computer and Information Science”. Springer, Switzerland, 2016, pp. 639-649. Print ISBN 978-3-319-46253-0, Online ISBN 978-3-319-46254-7. 10.1007/978-3-319-46254-7_52. http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-46254-7_52 (iesniegts SCOPUS)</p> <p>6. I.Kabashkin. Design of Embedded Architecture for Integrated Diagnostics in Avionics Domain. Procedia Engineering (Elsevier), in publishing process. (iesniegts SCOPUS)</p> <p>7.M. Savrasov and I. Pticina. Methodology of OD Matrix Estimation Based on Video Recordings and Traffic Counts, Procedia Engineering (Elsevier), in publishing process. (iesniegts SCOPUS)</p> <p>8. V.Gaidash, A.Grakovski. "Mass centre" vectorization algorithm for vehicle's counting portable video system, Transport and Telecommunication Journal, in publishing process. (iesniegts SCOPUS)</p> <p><u>Konferences 6:</u></p>
--	---

1. K.Kondratjevs, N.Kučicina, A.Patļins, A.Zabašta, A.Galkina. Vehicle Weight Detection Approach Development for Data Collecting in Sustainable City Transport System. 2016 57th International Scientific Conference on Power and Electrical Engineering of Riga Technical University Latvija, Riga, 13.-14. oktobris, 2016.
2. I.Kabashkin. Design of Embedded Architecture for Integrated Diagnostics in Avionics Domain. Proceedings of the 16th International Conference “Reliability and Statistics in Transportation and Communication (RelStat’16)”, 19–22 October 2016, Riga, Latvia. Riga, 2016. 368–374 pp.. ISBN 978-9984-818-83-2.
3. I.Kabashkin. Analysing of the Voice Communication Channels for Ground Segment of Air Traffic Management System Based on Embedded Cloud Technology. Proceedings of the 22nd International Conference, ICIST 2016, Druskininkai, Lithuania, October 13-15, 2016. Communications in Computer and Information Science, Volume 639. Information and Software Technologies. Springer International Publishing Switzerland. 2016, 639-649 pp. ISBN: 978-3-319-46253-0 (Print) 978-3-319-46254-7 (Online). DOI 10.1007/978-3-319-46254-7_52
4. A.Grakovski, A.Pilipovecs. The problem of Tyre Footprint Width Estimation by Fibre Optic WIM Sensors in Condition of Geometric Complexity.// Dependability Engineering and Complex Systems, 11th International Conference, DepCoS-RELCOMEX, June 27 – July 1, 2016, Brunow, Poland, Revised Selected Papers, Series: Advances in Intelligent Systems and Computing. W.Zamojski, J.Mazurkiewicz, J.Sugier, T.Walkowiak and J.Kacprzyk eds. 2016, vol.470, pp. 219-227. (ISSN 2194-5357, DOI: 10.1007/978-3-319-39639-2).
5. A.Grakovski, A.Pilipovecs. Dynamics of interaction between the road surface and vehicle’s wheel in fibre-optic system for automatic weighing in motion of transport. // Proc. of the

	<p>16th International Conference "Reliability and Statistics in Transportation and Communication" (RelStat'16), 19–22 October 2016, Riga, Latvia, p. 318–324. (ISBN 978-9984-818-83-2)</p> <p>6. M.Savrasov and I.Pticina. "Methodology of OD Matrix Estimation Based on Video Recordings and Traffic Counts". Proceedings of the 16th International Conference "RELIABILITY and STATISTICS in TRANSPORTATION and COMMUNICATION" (RelStat'16). I.Kabashkin and I.Yatskiv eds. 2016. pp. 325-333.</p>
--	--

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 (lietiskiem pētījumiem). Raksturo problēmas, to iespējamos risinājumus, turpmākā darba virzienus. Kopējais saturiskais izklāsts nepārsniedz četras A4 lapas)

- 1) Izstrādāt matemātiskās modelēšanas metodes, augstas veikspējas aprēķinu tehnoloģijas un kiberfizikālās sistēmas, tās aprobēt viedā pilsētsaimniecībā;

Aktivitātes ietvaros tiek turpināti pētījumi ar mērķi integrēt un izstrādāt jaunas metodes dažādas dabas datu konsolidēšanai, interpretēšanai un modelēšanai, kas ir būtiskas pilsētvides plānošanas un uzturēšanas procesos, tādejādi piedāvājot jauna tipa metodes un algoritmus darbināmus augstas veikspējas skaitlošanas vidēs. Tika izstrādātas divas datu nolasīšanas metodes un tiek testēts prototips ūdens laboratorijā, lai varētu izvērtēt efektīvāko metodoloģiju. Izstrādātā sistēma ļauj iegūt, uzkrāt un analizēt datus par infrastruktūras stāvokli. Siltuma vai ūdens apgādes sistēmā ievietoto sensoru piegādātie dati ļauj pārraudzīt apgādes tīklu tehnisko stāvokli, uzlabot tehniskās nepilnības un operatīvi novērst avārijas situācijas. Ar lietiska interneta tehnoloģiju palīdzību iespējama attālināta infrastruktūras pārraudzīšana un vadīšana, bet, apkopojet un analizējot iegūto informāciju, ir iespējams modelēt ūdens apgādes tīklā notiekošos procesus. Projektā ir izstrādātas divas datu nolasīšanas metodes un izgatavots testēšanas prototips ar oksidācijas-redukcijas potenciāla, pH, hlorīdu, vadītspējas, kopējā organiskā oglekļa un temperatūras sensoriem. Tālākie pētījumi saistās ar jaunas metodes izstrādi datu konsolidēšanai, interpretēšanai un modelēšanai, kas ir būtiski pilsētvides plānošanas un uzturēšanas procesos. Tāpat ar sensoru piegādāto datu palīdzību var sekot līdzi ūdens kvalitātei un ātri noteikt bīstamu piesārņojumu. Tieki plānots prnest pirmos veiksmīgos rezultātus gan industrijā, gan arī turpināt pētījumus, kuru mērķis ir izveidot jaunu gudras pilsētas vadības tehnoloģisko platformu, kurā tiks apvienoti ūdensapgādes, elektroapgādes, transporta un infrastruktūras vadības pakalpojumi plašam iedzīvotāju lokam. Šīs informācijas integrēšana pilsētvidē ļaus Latvijā praktiski izmantot augstas veikspējas (HPC – High Performance Computing) iespējas, kas tiek uzskatītas par nākamās paaudzes skaitlošanas stūrakmeni. Izmantotās tehnoloģija ļaus realizēt arī citu aktivitāšu ietvaros izmantoto sensoru datu apstrādi, šādi, nodrošinot ciešu sadarbību starp aktivitāšu realizētājiem pētniecības grupas ietvaros. Aktivitātes ietvaros izstrādātais metožu, rīku un aparātu kopums ļauj piedāvāt būtiski kvalitatīvu informāciju par pilsētvides procesiem, kā normālos tā arī krīzes apstākļos, tādejādi sniedzot iespēju radīt jaunus IKT sakņotus pakalpojumus valsts un pašvaldības institūcijām, kā arī komersantiem. Nākamos projekta posmos ir plānots pilsētsaimniecībā eksperimentāli pārbaudīt dažādu ietekmu iespaidu uz pilsētsaimniecības infrastruktūru: ūdensapgādi (ir noritejušas veiksmīgas sarunas ar Ādažu ūdeni, piedāvātās tehnoloģijas izmēģinājumi tiks iekļauti

ūdensvada renovācijas plānos).

RTU Ūdens laboratorijas telpās tiek realizēts datu pārraides tehnoloģijas tests.

2) Veikt pētījumus un izstrādāt inovatīvus risinājumus viedo transporta sistēmu tematikā;

Projekta ietvaros tika pētīta transporta plūsmas uzskaites automatizācija – precīzai datu iegūšanai. Transportlīdzekļu skaitīšana ir viena no pamatuzdevumiem intelektuālo transporta sistēmu (ITS) attīstībai un izveidei. Viens no pašlaik izmantojamiem tehniskiem līdzekļiem ir video novērošanas sistēmu izmantošana. Dažas no šīm sistēmām, kas izmanto statisko videokameru tīklu, ir dārgi izveidot un uzturēt, vai ir mobilās iekārtas, kas ātri var būt pārcelta. Projekta laikā tika veikta salīdzinoši lētās transportlīdzekļu skaitīšanas sistēmas koncepcijas izstrāde, kas izmanto objektu noteikšanas ierosināto metodi, kas balstīta uz iespējamo objektu atklāto iezīmes "masu centra" aprēķinu.

Optisko šķiedru spiediena devēji (FOS), uzstādīti tieši uz ceļa virsmu, tiek uzskatīti par iespējamo ITS sastāvdaļu. Tas var būt noderīgi transportlīdzekļu individuālo parametru mērišanas un to klasifikācijas problēmas risināšanai, kas ir nepieciešama kravas transportlīdzekļu parka pārvaldīšanai, kā arī kontrolēt transporta infrastruktūras izmantošanas juridiskai uzraudzībai, ceļa virsmas aizsardzībai pret agra iznīcināšanu, kā arī ceļu drošības atbalstām. Šie uzdevumi tika veikti, izmantojot svēršanas transportlīdzekļus kustībā (WIM). Tā var papildus iegūt asi svara, transportlīdzekļa ātruma un riepu saskares laukuma platuma mēriņumus; tas ļauj noteikt asu skaitu, attālumu starp asu un riteņu skaitu uz ass. Algoritmi, kas paredzētas lokālai WIM stacijai ir pārbaudīti uzņēmumā "Kemek Engineering Ltd". Sensoru tehnoloģijas izstrādē ir sasniegts progress. Izmantojot rezultātus no iepriekšēja uzdevuma, tika veiksmīgi veikti pētījumi un izstrādātas jaunas sensoru tehnoloģijas. Šis pētījums tiek vērsts uz svaru mērišanas sensora izstrādi un attīstību (WiM - weight in motion), Modelēšanas rezultāti tiks izmantoti sistēmas vadībai un attīstības lēmumu pieņemšanai. Ir izstrādāta transporta pieprasījuma imitācijas modeļa kalibrēšanas procedūra satiksmes plūsmu ietekmes izpētes uzdevumam (Ādažu pilsētas centrālas daļas piemērs) pielietojot divsoļu grupēšanu kalibrēšanas parametru vērtību izvēlei.

Projekta Nr. 3 apgūtais finansējums (euro)

		Plānots20 14.– 2017. g.	1. posms	2. posms	3. posms	4. posms
1000– 9000*	IZDEVUMI – KOPĀ	263 889	34 721	58 169	59 375	
1000	Atlīdzība	207 609	23 474	46 032	48 479	
2000	Preces un pakalpojumi (2100+2200)	32 580	9 158	11 367	8 926	
2100	Mācību, darba un dienesta komandējumi, dienesta, darba braucieni	10 932	3 830	3 206	1 621	
2200	Pakalpojumi	18 879	3 238	5 389	5 564	
2300	Krājumi, materiāli, energoresursi, preces, biroja preces un inventārs	2 769	1 179	1 844	1 741	
2400	Izdevumi periodikas iegādei		911	928		
5000	Pamatkapitāla veidošana	23 700	2 089	770	1 970	

Projekta Nr.3 rezultatīvie rādītāji

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

Rezultatīvais rādītājs	Rezultāti						
	plānots 2014.– 2017. g.	sasniegts					
		2014. g.		gads			
		kopā	t. sk. iepriek- šējā periodā uzsākts	2015.	2016.	2017.	2018. *
Zinātniskie rezultatīvie rādītāji							
1. Zinātnisko publikāciju skaits:							
oriģinālo zinātnisko rakstu (SCOPUS)(SNIP>1) skaits	2						
Citi Web of Science vai SCOPUS datubāzēs iekļautajos izdevumos publicēti oriģināli recenzēti konferenču raksti un raksti	8	1 un 1 (ind eksē ts)		3 un 3 iesni egti	11		
oriģinālo zinātnisko rakstu skaits ERIH (A un B) datubāzē iekļautajos žurnālos vai konferenču rakstu krājumos				1 iesni egts			
recenzētu zinātnisku monogrāfiju skaits	1	25 %		45%	90%		
2. Programmas ietvaros aizstāvēto darbu skaits:							
promocijas darbu skaits	2						
maģistra darbu skaits	7	1		4			
Programmas popularizēšanas rezultatīvie rādītāji							
1. Programmas gaitas un rezultātu popularizēšanas interaktīvie pasākumi, kuru mērķu grupās iekļauti arī izglītojamie, skaits:							
konferences	6	5		9	9		
semināri	2	1			1		
rīkotie semināri	3				1		
populārzinātniskas publikācijas	4	1		1	5		
izstādes	3			2	2		
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							
1.3. ieņēmumi no līgumdarbiem, kas balstās uz programmas ietvaros radītajiem rezultātiem un							

zinātības							
2. Programmas ietvaros pieteikto, reģistrēto un spēkā uzturēto patentu vai augu šķirņu skaits:	2			1			
Latvijas teritorijā	2			1			
Ārpus Latvijas							
3. Programmas ietvaros izstrādāto jauno tehnoloģiju, metožu, prototipu vai pakalpojumu skaits, kas aprobēti uzņēmumos	3				1		
4. Ieviešanai nodoto jauno tehnoloģiju, metožu, prototipu, produktu vai pakalpojumu skaits (noslēgtie līgumi par intelektuālā īpašuma nodošanu)							

* Norāda pēc programmas īstenošanas.

Projekta Nr. 3 vadītājs

(paraksts¹⁾

(vārds, uzvārds)

(datums¹⁾

Zinātniskās institūcijas vadītājs

(paraksts¹⁾

(vārds, uzvārds)

(datums¹⁾

2.4. Projekts Nr. 4

nosaukums

projekta vadītājs:

vārds, uzvārds,
zinātniskais grāds
zinātniskā institūcija

amats

kontakti

Jaunas paaudzes liela apjoma datu apstrādes sistēmas

Juris Viksna

Dr.Dat.

Latvijas Universitātes aģentūra "Latvijas Universitātes Matemātikas un informātikas institūts"

Vadošais pētnieks

Tālrunis

67224730

E-pasts

juris.viksna@lumii.lv

Projekta Nr. 4 mērķi

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

Attīstīt zinātnisko kompetenci nākamās paaudzes IT sistēmu jomā, veidojot jaunas konkurētspējīgas tehnoloģijas un lietojumus virtuālajā mūsdienu tīmekļa vidē. Projekta virzības stratēģija ir ilgtermiņā nostiprināt pētniecības grupas starptautisko autoritāti, izveidot doktorantūras skolas un pētniecības bāzi augstākajai izglītībai, tai skaitā ieviest praksē reģionālām augstskolām virtuālu pieeju pētniecības bāzei. Projekta izpildes rezultātā paredzēts sagatavots lekciju kursus IT mācību programmās, bet nākotnē pretendēt uz jaunu mācību programmu bioinformātikā.

Projektam ir izteikti starpdisciplināra rezultātu izmantojamība. Projekta īstenošanas laikā tiek attīstīta moderna tehnoloģiskā bāze un tehnoloģijas (metodes) ļoti daudzveidīgu uzdevumu risināšanai.

Matemātiskā modelēšana, inverso problēmu analītiskās risināšanas metodes un algoritmi, kas orientēti uz datu paralēlās apstrādes tehnoloģijām

1. Matemātisko modeļu un efektīvu analītisko un skaitlisko metožu izstrādāšana daudzkritēriju tiešo un inverso identifikācijas, diagnostikas un prognozēšanas problēmu, kas rodas tehniski tehnoloģiskajos procesos, ekonomiskajā plānošanā, optimālajā ekosistēmu pārvaldīšanā, stabilai atrisināšanai.

2. Kompleksa programmatūras izstrādāšana korektajai izstrādāto modeļu, analītisko un skaitlisko metožu realizēšanai mūsdienu augstas skaitīšanas sistēmās (HPC).

Projekta Nr.4 uzdevumi

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

Darba uzdevumi	Galvenie rezultāti
1. Biomedicīna un bioinformātika	
1.1. Izstrādāt metodoloģiju un programmatūras prototipus laboratorijas informācijas sistēmu (LIMS) izstrādei fenotipu un jaunākās paaudzes eksperimentālo biomedicīnas datu uzkrāšanai, kas piemērotas distributētu datu avotu integrācijai un attālinātai datu apstrādei. Aprobēt izstrādātās metodes un programmatūru praktiskos sadarbības projektos (atsevišķu šo projektu finansējumu ietvaros).	Tika turpināta LU MII izvietoto biomedicīnas datubāžu (KIDREP, AIMS) un programmatūras uzturēšana un datu pieejas nodrošināšana projektu partneriem, kuru ietvaros šīs datubāzes tika izveidotas.
1.2. Izstrādāt metodes liela apjoma bioinformātikas datu kopu analīzei un vizualizācijai.	Tika veikta metožu izstrāde un aprobācija bioinformātikas datu analīzei. 1 zinātniskais raksts ir sagatavots un pieņemts publicēšanai. Tieka gatavota vēl 1 zinātniskā publikācija.
1.3. Izstrādāt metodes un atbilstošu programmatūras nodrošinājumu lokālo biomedicīnas datu resursu un datubāzu sasaistei ar centralizētiem Eiropas Savienības un citiem starptautiskajiem datu repositorijs (EGA, ICGC u.c.) atbilstoši nepieciešamajiem standartiem attiecībā uz datu formātiem un datu drošības prasībām datu glabāšanai un pārsūtīšanai.	Tika turpināta programmatūras uzturēšana un pilnveidošana un turpināta starptautiskā sadarbība ICGC konsorcija ietvaros.
1.4. Turpināt starptautisko sadarbību esošo (bez finansējuma) projektu ietvaros (piemēram ICGC konsorcija ietvaros). Iesaistīties jaunos starptautiskajos zinātnisko institūciju sadarbības tīklos un projektos (jo īpaši veicināt Latvijas pievienošanos ELIXIR konsorcijam).	Saņemts uzaicinājums iesaistīties H2020 COST akcijā CA15120 Open Multiscale Systems Medicine (OpenMultiMed) un iesniegts pieteikums par dalību šīs akcijas vadības komitejā.
2. Lielapjoma datu un zināšanu infrastruktūra	
2.1. Attīstīt mākoņdatošanas tehnoloģijas lielapjoma datu glabāšanas un apstrādes uzdevumiem.	Pabeigta un ieviesta ekspluatācijā lielapjoma datu apstrādes platforma jaunajā mākonī (1). L.Trukšāns, G.Strazdiņš, "Mākoņu platformas pielietojums studiju procesā". Uzsākta publikācijas sagatavošana (SCOPUS) (0.5)
2.2. Izstrādāt un aprobēt starpnozaru mākoņdatošanas pielietojumus.	Pabeigta un ieviesta ekspluatācijā augstas veikspējas skaitļošanas (HPC) platforma kā daļa no universāla mākoņa kompleksa (1). HPC platformas vajadzībām izdalīto serveru skaits var tikt pielāgots, sekojot

	<p>pieprasījumam pēc HPC aprēķiniem. Mākonī esošie pakalpojumi (tai skaitā, lielu datu platforma, koplietošanas datu glabātuvēs) ir lietojami HPC aprēķinu programmām gan ieejas datiem, gan rezultātiem. HPC aprēķinu programmām ir pieejams augstas veikspējas, zemu aizturū, redundants 20Gb/s Ethernet kodola tīkls un 1PB ietilpīga SAN sistēma. Sagatavots un aizstāvēts maģistra darbs (1): T.Dreiže, “OpenStack augstas pieejamības risinājumi”, 2016, vadītājs – L.Trukšāns.</p>
3.Kiberfizikālo sistēmu platforma	
3.1. Programmatiski realizēt divdimensionāla antenu lauka virziendarbības kūļa formēšanas algoritmu. Veikt antenu lauka virziendarbības kūļa simulācijas, izmantojot izstrādāto programmu.	<p>Izstrādāta simulācija stara formēšanas algoritmam divdimensiju antenu lauka gadījumam. Izmantojot šo simulāciju, parādīts, ka stara formēšanas algoritms funkcionē korekti un to var implementēt augstas veikspējas aparātprogrammatūrā, to pieskaņojot tās standartiem, kas ir Projekta pēdējā posma uzdevums.</p> <p>(1 zinātniskā publikācija)</p>
3.2. Ēku atpazīšanas metodoloģijas, izmantojot ortofotokaršu izpēti pilnveidošana, tās testēšana un kļūdu avotu noteikšana.	<p>Ēku atpazīšanas algoritms papildināts ar lēmumu balstītu (angl. decision based) metodes daļu ēkas formas pārbaudei un korekcijai</p> <p>Veikti JSEG segmentācijas algoritma rezultātā atrasto reģionu rastra deskriptoru pētījumi, lai izpētītu atšķirības starp ēku jumtu un citu ūdensnecaurlaidīgo virsmu parametriem.</p> <p>Veikta identifikācijas algoritma rezultātu salīdzināšana ar OpenStreetMap elektroniskās kartes ēku poligoniem.</p> <p>Veikta pazīmju noteikšanas algoritmu (angl. feature extraction) testēšana metodoloģijas uzlabošanas vajadzībām.</p> <p>(0.5 zinātniskā publikācija)</p>
3.3. Uzlabot algoritmus radio karšu tīrīšanai izmantojot GMEM un CLEAN algoritmus kā piemēru izmantojot ar Irbenes radioteleskopu RT-32 iegūtos Saules aktīvo apgabalu radioattēlus.	<p>Turpināts darbs pie radiokaršu tīrīšanas algoritmu uzlabošanas, izmantojot GMEM un CLEAN metodes, izmantojot ar Irbenes radioteleskopa RT-32 Saules 16 kanālu spektālpolarimetru iegūtos Saules aktīvo apgabalu radioattēlus. Iegūtie rezultāti parādīja, ka ar pielāgotajām GMEM un CLEAN metodēm iegūtie Saules radioattēli atbilst modelēšanas rezultātiem.</p> <p>(0.5 SCOPUS zinātniskās publikācijas)</p>
3.4. Izstrādāt risinājumus liela mēroga sensoru lauku izveidei, darbināšanai, datu	<p>Veikti vairāki tehniskie un zinātniskie eksperimenti, kuru mērķis bija atstrādāt</p>

izgūšanai un apstrādei. Izstrādāt risinājumus sevišķi lielas bāzes interferometrijas (VLBI) datu reģistrācijas punktu (antenas) savstarpējas pozīcijas precīzēšanai (interferometriskas bāzes noteikšana), izmantojot navigācijas satelītu signālus no NAVSTAR GPS un GLONASS orbitālās satelītu grupas, kas detektēti ar Sevišķi Lielas Bāzes Interferometrijas (VLBI) tīklu.	algoritmus un programmnodrošinājumu, kas ļauj pielietot liela diametra antenas kā antenas kopumu sevišķi lielas bāzes interferometrijas eksperimentos. Projekta ietvaros izstrādātie risinājumi tika implementēti divos radio teleskopos ar diametru 32 un 16 m (VSRC RT-32 un RT-16) un sekmīgi testēti. (1 zinātniskā publikācija)
--	---

4. Matemātiskā modelēšana, inverso problēmu analītiskās risināšanas metodes un algoritmi, kas orientēti uz datu paralēlās apstrādes tehnoloģijām

Izstrādāt diskrētus 1D un 2D matemātiskos modeļus mikro- un nanodaļiņu plūsmas dinamikas noteikšanai atbilstošā 1D un 2D gāzu vidē; atrast izstrādātajiem diskrētajiem modeļiem robežpārejas nosacījumus, lai iegūtu atbilstošos nepārtrauktos 1D un 2D modeļus; atrast nosacījumus, kuru izpilde nodrošina uzbūvēto nepārtraukto modeļu korektumu (pēc Tihonova).	Izstrādāti matemātiskie modeļi (3 gab.)
Izstrādāt parametrizētu fizikāli-matemātisku 3D modeli starojuma mijiedarbības ar cietiem materiāliem (metāliem, pusvadītājiem, dielektriķiem) galveno īpatnību izpētei femtosekunžu lāzera impulsu iedarbībā, kas ierosina nanovirsmas elektromagnētiskos vilņus ar periodisku interferenci.	Izstrādāti matemātiskie modeļi (1 gab.)
Izstrādāt divtemperatūru matemātisko modeli materiālu virsmas temperatūras lauka evolūcijas aprakstam femtosekunžu lāzera impulsu iedarbībā; izstrādāt termodynamisko pieeju gan materiāla stāvokļa analīzei sasilšanas un izplešanās procesam femtosekunžu lāzera iedarbībā, gan materiāla elektronu apakšsistēmas starojuma absorbcijas mehānisma analīzei, pieņemot, ka elektroni paspēj termalizēties.	Izstrādāti matemātiskie modeļi (1 gab.) Izstrādātas analītiskās metodes (1 gab.)
Izstrādāt daudzkritēriju optimizācijas modeli plašas nomenklatūras kravu pārvadājumu organizēšanai; izstrādāt analītiski-skaitlisku metodi, kas apvieno Gembikas mērķa sasniegšanas metodi un Tihonova regularizācijas metodi, kas ļautu atrast uzstādītās daudzkritēriju optimizācijas problēmas stabilu risinājumu.	Izstrādāti matemātiskie modeļi (2 gab.) Izstrādātas analītiskās metodes (1 gab.) Izstrādāti analītiski-skaitliskie algoritmi (2 gab.)
Izstrādāt matemātiskos modeļus un metodes, lai noteiku ES grupas valstu ekonomisko pievilcību un investīciju klimatu nedārgiem un ekskluzīviem finansu pakalpojumiem.	Izstrādāti matemātiskie modeļi (4 gab.) Izstrādātas analītiskās metodes (2 gab.)

Izstrādāt stabili metodi elektronu blīvuma noteikšanai jonasfērā nelineārā Ginzburga-Feinberga jonasfēras frekvenču elektromagnētiskās zondēšanas problēmā.	Izstrādātas analītiskās metodes (1 gab.)
Dalība starptautiskā konferencē; organizēt semināru; uzrakstīt populārzinātnisko publikāciju.	Dalība starptautiskās konferencēs (3 gab.; 3 referāti). Dalība Latvijas Matemātikas Biedrības 11.konferencē (1 gab.; 2 referāti). Rīkots zinātniskais un izglītojošais seminārs (1 gab.; 7 referāti) Uzrakstīta populārzinātniskā publikācija (1 gab.). Tiks publicēta 2016.g. decembrī.

Projekta Nr.4 izvirzīto uzdevumu izpildes rezultāti

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

1. Biomedicīna un bioinformātika

Tika turpināta KIDREP un AIMS datubāžu un programmatūras uzturēšana. Tika nodrošināta nepārtraukta repositoīja pieejamība citiem 7. ietvara programmas konsorciju CAGEKID un ENGAGE partneriem. Tika turpināts darbs pie atvērtā koda programmatūras versijas sagatavošanas.

Veikts darbs pie grafveida datu kopu vizualizācijas un analīzes metožu aprobatīcijas bioinformātikas datu kopām. Metodes tika pielietotas divu bioinformātikas problēmu risināšanai: gēnu evolūcijas modeļu analīzei uz simulētu un eksperimentāli iegūtu datu kopām, un gēnu regulācijas tīklu stāvokļu kopu analīzei. Veikto pētījumu ietvaros sagatavots un pieņemts publicēšanai 1 zinātniskais raksts (indeksēts SCOPUS datubāzē):

J.Viksna, D.Gilbert. *Gene duplication models and reconstruction of gene regulatory network evolution from network structure*. Baltic Journal of Modern Computing, vol. 4:5, 2016.

Tiek gatavots 1 zinātniskais raksts, ko plānots iesniegt publicēšanai žurnālā *PLoS ONE* (indeksēts SCOPUS datubāzē, SNIP > 1).

Tika turpināts darbs pie lokālo biomedicīnas datu resursu un datubāzu sasaistes ar centralizētiem Eiropas Savienības un citiem starptautiskajiem datu repositoījiem. Praktiski pabeigta KIDREP datu iesniegšana ICGC datu repositoīrijā.

Saņemts uzaicinājums iesaistīties H2020 programmas COST akcijā CA15120 *Open Multiscale Systems Medicine (OpenMultiMed)* un iesniegts pieteikums par dalību šīs akcijas vadības komitejā.

Uzsākts darbs pie maģistra studiju programmas izveides bioinformātikā. Studiju programmu plānots realizēt kā starpfakultāšu apakšprogrammu sadarbojoties LU Datorikas un LU Bioloģijas fakultātēm.

2.Lielapjoma datu un zināšanu infrastruktūra

Pabeigta un ieviesta ekspluatācijā lielapjoma datu apstrādes platforma jaunajā mākonī. Tā ir integrējama ar pārējiem mākoņu pakalpojumiem. Infrastruktūras pakalpojumā izvietotajām virtuālajām mašīnām ir pieķuve lielu datu platformā izvietotajiem datiem un aprēķinu rezultātiem.

Pabeigta un ieviesta ekspluatācijā augstas veikspējas skaitlošanas (HPC) platforma kā daļa no

universāla mākoņa kompleksa. HPC platformas vajadzībām izdalīto serveru skaits var tikt pielāgots, sekojot pieprasījumam pēc HPC aprēķiniem. Mākonī esošie pakalpojumi (tai skaitā, lielu datu platforma, koplietošanas datu glabātuves) ir lietojami HPC aprēķinu programmām gan ieejas datiem, gan rezultātiem. HPC aprēķinu programmām ir pieejams augstas veikspējas, zemu aizturū, redundants 20Gb/s Ethernet kodola tīkls un 1PB ietilpīga SAN sistēma.

Izveidota IT doktorantūras skolas pētniecības e-infrastruktūra, skat tehnisko specifikāciju
3X (IBM System x3650 M4 (Intel Xeon E5-2680, DDR3 256, SAS 900GB 6Gbps)

2X Supermicro SuperStorage Server 5018A-AR12L, 32GB, 12X5TB

3X iMAC 27" Retina 5K QC i5 3.5GHz/8GB/1TB

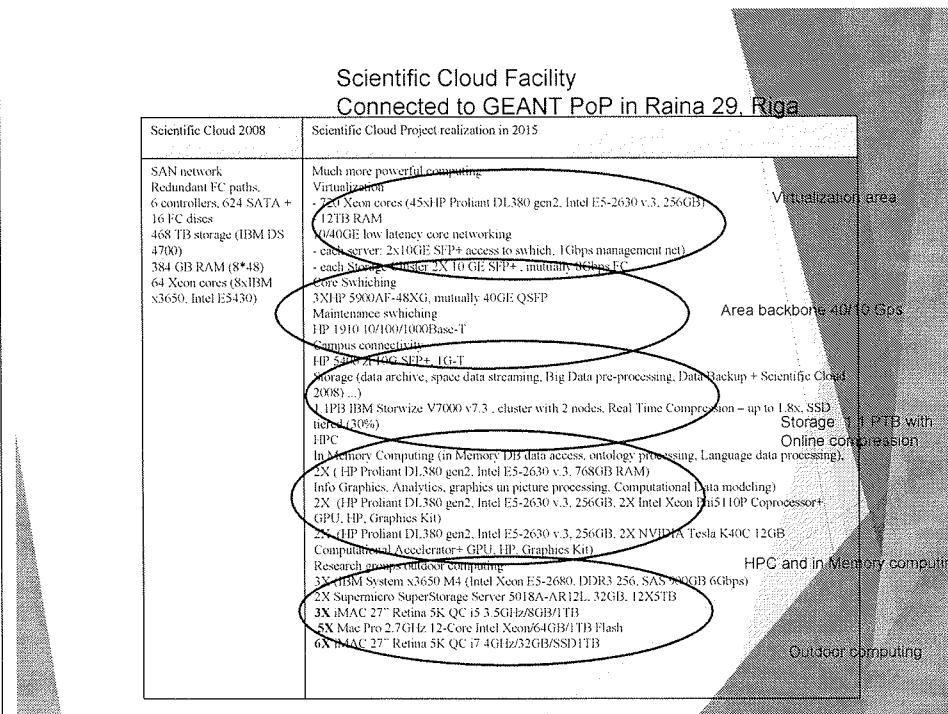
5X Mac Pro 2.7GHz 12-Core Intel Xeon/64GB/1TB Flash

6X iMAC 27" Retina 5K QC i7 4GHz/32GB/SSD1TB

Šī datortehnika ir saslēgta ar Spiets-2 (skat zemāk) ar 10/1 GE optisko tīklu. Tādejādi studentu pētniecības darbu veikšanai var tikt izmantots visa LU MII mākoņdatošanas vide.

Rezultāts: IT doktorantūras skolas pētniecības bāzes izveide (1)

LU MII izveidots interneta vidē pieejams aprēķinu vides komplekss Spiets-2 (Zinātnes mākoņdatošanai), kas papildina 2008.gadā izveidoto Spiets-1. Tehniskā specifikācija skat attelā.



Rezultāts: Reģionālo augstskolu pētniecības un izglītības IT centra izveide ar attālināta darba iespējām (Regional Partner Research Facility) (1)

Pabeigta un ieviesta ekspluatācijā lielapjoma datu apstrādes platforma jaunajā mākonī Spiets-Tā ir integrējama ar pārējiem mākoņu pakalpojumiem. Infrastruktūras pakalpojumā izvietotajām virtuālajām mašīnām ir piekļuve lielu datu platformā izvietotajiem datiem un

aprēķinu rezultātiem.

Uzsākta publikācijas sagatavošana (SCOPUS) (0.5): L.Trukšāns, G.Strazdiņš, "Mākoņu platformas pielietojums studiju procesā".

Pabeigta un ieviesta ekspluatācijā augstas veikspējas skaitlošanas (HPC) platforma kā daļa no universāla mākoņa kompleksa. HPC platformas vajadzībām izdalīto serveru skaits var tikt pielāgots, sekojot pieprasījumam pēc HPC aprēķiniem. Mākonī esošie pakalpojumi (tai skaitā, lielu datu platforma, koplietošanas datu glabātuves) ir lietojami HPC aprēķinu programmām gan ieejas datiem, gan rezultātiem. HPC aprēķinu programmām ir pieejams augstas veikspējas, zemu aizturū, redundants 20Gb/s Ethernet kodola tīkls un 1PB ietilpīga SAN sistēma.

Sagatavots un aizstāvēts maģistra darbs (1): T.Dreiže, "OpenStack augstas pieejamības risinājumi", 2016, vadītājs – L.Trukšāns.

3.Kiberfizikālo sistēmu platforma

1. Izstrādāta simulācija stara formēšanas algoritmam divdimensiju antenu lauka gadījumam, jo šajā gadījumā stara formēšana tiek praktiski biežāk pielietota ir efektīvāka nekā viendimensiju gadījumā. Simulācija demonstrē stara formēšanas funkcionalitāti divdimensiju antenu lauka gadījumā, kur iespējams izvēlēties šādus parametrus:

- antenu lauka veids – regulārs vai neregulārs;
- antenu lauka izmērs – regulāram laukam jāiestata konstants attālums starp antenām, neregulārām laukam jāiestata katras antenas novietojums;
- mainīt novērojamā radioastronomijas objekta koordinātes, kas automātiski izmainīs formētā stara virzienu.

Izmantojot šo simulāciju, parādīts, ka stara formēšanas algoritms funkcionē korekti un to var implementēt augstas veikspējas aparātprogrammatūrā, to pieskaņojot tās standartiem, kas ir Projekta pēdējā posma uzdevums. Pēc veiksmīgas Projekta pēdējā posma īstenošanas, stara formēšanas algoritma implementāciju aparātprogrammatūrā ir plānots kombinēt ar cita projekta ietvaros izstrādāto mobilo antenu lauka moduli. Šīs abas izstrādnes tiek plānots pielietot nākamajos projektos, kā rezultātā tiktu iegūts divdimensionāls antenu lauks ar elektroniski vadāmu virziendarbību.

Publikācijas:

I. E.Vavilina, G.Gaigals, Improved LabVIEW Code Generation, Baltic J. Modern Computing, Vol. 4, No. 1, 89-97, 2016.

(http://www.bjmc.lu.lv/fileadmin/user_upload/lu_portal/projekti/bjmc/Contents/4_1_9_Vavilina.pdf)

E.Vavilina, G.Gaigals, Improved LabVIEW Code Generation, 2015 IEEE 3rd Workshop on Advances in Information, Electronic and Electrical Engineering (AIEEE 2015) conference proceedings, ISBN-978-1-5090-1202-2, 2016.

(<http://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7367304/?reload=true>)

2. Pārskata periodā tika turpināts darbs ar augstas telpiskās izšķirtspējas ortofotokartēm. Iepriekšējā periodā izstrādātā ēku noteikšanas metodoloģija tika papildināta ar elementiem ēkas formas pārbaudei un korekcijai, lai samazinātu kļūdu gadījumus. Ēku noteikšanas uzdevuma sarežģītību nosaka ēku un to jumtu formu dažādība un spektrālā līdzība ar citām virsmām, piemēram, asfaltu, kā arī sensora skata leņķis, kura ietekmē redzamas ēkas sānu sienas. Līdz ar to, uz taisno līniju noteikšanu balstīti algoritmi producē nepareizi patiesas atbildes un identificē taisnās līnijas spēcīgāko tonālo izmaiņu novietojumā, kas ne vienmēr atbilst patiesajai jumta kontūrai. Algoritma papildināšana ar papildus pārbaudēm paaugstina

ēku noteikšanas precizitāti, tādējādi palielinot algoritma praktisko lietojumu karšu sagatavošanai un papildināšanai. Rezultātu validācija tika veikta, izmantojot brīvi pieejamās OpenStreetMap (OSM) kartes kā references datus. Validācijas procesu apgrūtināja OSM datu kvalitāte – bieži ēku poligoni apraksta tikai aptuvenu ēkas formu un atsevišķas ēkas reģionā nav iekļautas, tādēļ rezultātu pārbaudē OSM poligoni tika manuāli izlaboti.

Par paveiktā galvenajiem rezultātiem uzskatāmi:

- Ēku atpazīšanas algoritms papildināts ar lēmumu balstītu (angl. decision based) metodes daļu ēkas formas pārbaudei un korekcijai
- Veikti JSEG segmentācijas algoritma rezultātā atrasto reģionu rastra deskriptoru pētījumi, lai izpētītu atšķirības starp ēku jumtu un citu ūdensnecaurlaidīgo virsmu parametriem.
- Veikta identifikācijas algoritma rezultātu salīdzināšana ar OpenStreetMap elektroniskās kartes ēku poligoniem.
- Veikta pazīmju noteikšanas algoritmu (angl. feature extraction) testēšana metodoloģijas uzlabošanas vajadzībām.

Darbs noslēdzošajā Projekta posmā būs saistīts ar rezultātu apkopošanu zinātniskā raksta daļā. Izstrādātajā metodoloģijā paredzēts iekļaut vēl papildus pārbaudes identifikācijas precizitātes paaugstināšanai. Ēku atpazīšanas rezultātus plānots salīdzināt ar citu pētījumu rezultātiem.

Pētījumu rezultāti tiks apkopoti zinātniskajā rakstā "Building identification and delineation using visible light orthophotomaps" (nosaukums var tikt precīzēts). Rakstu plānots iesniegt Elsevier žurnālā International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. Izstrādātā metodika ir izmantojama ēku automatizētai atpazīšanai pilsētu teritorijās un apbūves karšu izveidei, sniedzot detalizētu un laikā aktuālu informāciju. Metodika tālāk ir komercializējama 1) sniedzot karšu sagatavošanas pakalpojumus vai 2) izstrādājot programmatūras prototipu karšu sagatavošanai.

Publikācija:

L.Gulbe, Building and delineations identification using visible light orthophotomaps ed), Elsevier journal International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, in preparation (50%)

3. Turpināts darbs pie radiokaršu tīrišanas algoritmu uzlabošanas, izmantojot GMEM un CLEAN metodes, izmantojot ar Irbenes radioteleskopa RT-32 Saules 16 kanālu spektālpolarimetru iegūtos Saules aktīvo apgabalu radioattēlus. Izmantojot veivleta neortogonālo “à trous” pārveidošanu, izdevās palielināt signāla un trokšņa attiecību apstrādātam radio attēlam un precīzi noteikt robežas Saules liela mēroga struktūrām. Izmantojot nākamā soļi maksimāla entropijā metode (MEM), ņemta vērā noprecīzēta radio teleskopa RT-32 vērsuma diagrammas novietojums uz Saules diska. Iegūtie attēli tika salīdzināti ar Saules magnētiska lauka modelēšanas rezultātiem. Tika izmantots potenciālā magnētiska lauka modelis ar tā saucamu “avotu virsmu” (potential-field-source-surface model). Iegūtie rezultāti parādīja, ka ar pielāgotajām GMEM un CLEAN metodēm iegūtie Saules radioattēli atbilst modelēšanas rezultātiem. Kā papildus rezultāts atzīmējams secinājums, ka Saules mikroviļņu attēli var norādīt uz vājējām magnētiska lauka līnijām Saules atmosfērā, tuvu aktīvajiem apgabaliem, kuros rodas lēns Saules vējš.

Iegūtie rezultāti var tikt izmantoti visur, kur nepieciešama digitālo attēlu attīrišana un tas iespējams, izmantojot GMEM un CLEAN algoritmus. Iegūtie Saules aktīvo apgabalu pētišanas rezultāti, savukārt būs noderīgi Saules vēja ietekmes uz starpplanētu vidi, tajā skaitā Zemei tuvo kosmisko telpu un jonosfēru.

Projekta noslēdzošajā posmā izveidotā attēlu tīrišanas procedūra tiks pielāgota prasībām, kādas nepieciešamas automatizētai digitālo radioattēlu apstrādes sistēmai. Izveidoto sistēmu lietos, pirmkārt, VeA VSRC un tā tiks padarīta plaši pieejama tehnoloģijas pārnesei un

pielāgošanai, kur nepieciešams apstrādāt digitālos attēlus, kas iegūti ar antenām vai antenu laukiem, kuru virziendarbības diagramma ir tālu no ideālās.

Publikācija:

B. I. Ryabov, D. A. Bezrukov, J. Kallunki, Microwave regions on the sun with low brightness temperature as observed by the radio telescope RT-32, Latvian Journal of Physics and Technical Sciences, in preparation (80%).

Populārzinātnisks raksts:

I.Šmelds, Jaunumi Saules pētniecībā, Tematiskā avīze "Astronomija un astroloģija", 2016.g. lpp 48 – 50.

VeA Ziemassvētku konference, Ventspils, 15.12.2016.

D. Bezrukova, Saules spektrālpolarimetrija ar Ibenes RT-32 radioteleskopu

4. 2016. gadā projekta ietvaros veikti vairāki tehniskie un zinātniskie eksperimenti, kuru mērķis bija atstrādāt algoritmus un programmnodrošinājumu, kas ļauj pielietot liela diametra antenas kā antenas kopumu sevišķi lielas bāzes interferometrijas eksperimentos. Projekta ietvaros izstrādātie risinājumi tika implementēti divos radio teleskopos ar diametru 32 un 16 m (VSRC RT-32 un RT-16) un sekmīgi testēti sekojošos eksperimentos:

- 2016. gada 18.–20. maijā notika sekošana GLONASS un GPS satelītiem un datu reģistrācija VLBI režīmā, kopā ar Niznij Novgorodas Radiofizikas inženierzinātņu Institūtu (NIRFI). Eksperimentā tika izmantotas divas VSRC antenas RT-16 un RT-32 un – divas NIRFI antenas. Datu plūsmas sinhronizācijas precīzitāte un stabilitāte nodrošināja iespēju apstrādāt iegūtos datus ar VLBI metodēm. Eksperimentu virsmērķis bija precīzēt antenas pozīciju, noteikt pavadoņu orbītas un jonasfēras parametrus.
- No 2015. gada oktobra VSRC radio teleskops RT-32 aktīvi iesaistīts VLBI novērojumu seansos kopā ar Eiropas VLBI tīkla radio observatorijām un RADIOASTRON kosmisko teleskopu. 2016. gadā tika ievestas metodes, kas ļauj izmantot radio teleskopu dažāda tipa VLBI novērojumos: novērojumi ar reģistrētu datu plūsmas ātrumu no vienas antenas elementa no 2 līdz pat 2000 Mbps ar ierakstīšanu specializētās “disku pakās” no Mark5C iekārtas, ar ierakstīšanu uz standarta servera aprīkotu ar 8 HDD diskiem. Papildus tika izpildīti divi testi, kuros RT-32 reģistrētā VLBI datu plūsma reālā laikā tika pārsūtīta un apstrādāta VLBI datu korelācijas centrā (JIVE, Holandē), Eksperimentā laikā pārsūtīšanas ātrums sasniedza 2 Gbps.
- Lai nodrošinātu efektīvu reģistrēto datu pārvaldīšanu (saglabāšanu, pārsūtīšanu uz korelācijas centriem, reģistrēšanu žurnālā) tika izstrādāti specializētie rīki, kas nodrošina liela apjoma datu pārvaldīšanu (viena mēneša laikā no vienas antenas tiek ģenerētas ap 40 TB VLBI datu). Izveidotā sistēma var tikt nodota un piemērota visur, kur nepieciešams pārvaldīt liela apjoma datus, kas iegūti liela mēroga sensoru tīkla ģeogrāfiski attālinātos punktos.
- 2016. gadā uzsākta sadarbība ar Ukrainas Zinātnisku Institūtu “Nikolajevas Astronomiskā observatorija”. Sadarbības ietvaros tiek izstrādātas metodes, kas ļaus pielietot maza izmēra sadalītās antenas ģeostacionāro satelītu pozīcijas un orbītas aprēķinus. Balstoties uz piecām satelīta signālu reģistrācijas stacijām, kurām četras atrodas Ukrainā un viena VSRC, notiek ilgstošs (kopš 2015. gadā augusta) ģeostacionārā satelīta Eutelsat-13B pozīcijas monitorings.

Pēdējā projekta periodā tiek plānots izstrādāt un pielāgot programmatūras platformu vairāku VLBI datu plūsmu reālā laikā apstrādei. Kā VLBI stacijas tiks izmantoti divi VSRC radio

teleskopi RT-16 un RT-32 un datu apstrāde tiks īstenota, izmantojot VeA augstas veikspējas datorus. Turpināsies radioteleskopu tīklu staciju un izstrādāto algoritmu testēšanaun noslīpēšana.

Projekta laikā izstrādātās metodes, algoritmi un programmatūras tehnoloģiju tehnoloģiju pārneses kārtībā tiks darītas pieejamas izmantošanai jonasfērās, Zemei tuvo objektu un astrofizikāliem pētījumiem.

Publikācijas:

M.P.Kaliuzhnyi, F.I.Bushuev, O.V.Shulga, Ye.S.Sibiriakova, L.S.Shakun, V.Bezrukovs, S.Moskalenko, V.F.Kulishenko, Ye.V.Malynovskyi, International network of passive correlation ranging for orbit determination of a geostationary satellite, Odessa Astronomical Publications, submitted (90%)

M.P.Kaliuzhnyi, F.I.Bushuev, Ye.S.Sibiriakova, O.V.Shulga, L.S.Shakun, V. Bezrukovs, V.F.Kulishenko, S.S.Moskalenko, Ye.V.Malynovskyi, O.A.Balagura, Monitoring of the orbital position of a geostationary satellite by the spatially separated reception of signals of digital satellite television. Submitted to “Science and Innovation” <http://scinn-eng.org.ua/>. (accepted)

Magistra darbs:

M. Koloda, Development of VLBI data processing and monitoring system for VIRAC (supervisor Vl. Bezrukovs)

VeA Ziemassvētku konference, Ventspils 15.12.2016.

V.Bezrukovs, I.Šmelds, M.Bleiders, VLBI datu registrācijas un apstrādes metodikas izveide, izmantojot Irbenes radioteleskopus.

4. Matemātiskā modelēšana, inverso problēmu analītiskās risināšanas metodes un algoritmi, kas orientēti uz datu paralēlās apstrādes tehnoloģijām

1. Sh.E.Guseynov, R.Aleksejevs, R.Guseinovs, J.V.Aleksejeva, A.V.Berezhnoy, A.N.Medvedev (2016). *On a multicriteria problem of planning maritime cargo transportation with handling operations in intermediate seaports.* – Annals of Operations Research, ISSN: 0254-5330, 25 p. (Accepted) (SCOPUS) (SNIP: 1.123) <http://www.springer.com/business+%26+management/operations+research/journal/10479/PSE>
2. R.Aleksejevs, R.Guseinovs, A.N.Medvedev, Sh.E.Guseynov (2016). *Groupage cargo transportation model.* – Transport and Telecommunication, Vol. 17, Issue 1, pp. 60-72. (SCOPUS) (SNIP: 0.858) <https://www.degruyter.com/view/j/ttj.2016.17.issue-1/issue-files/ttj.2016.17.issue-1.xml>
3. R.Aleksejevs, Sh.E.Guseynov, R.Guseinovs (2016). *On a multicriteria problem of planning maritime cargo transportation with handling operations in intermediate seaports.* – International Journal of Applied and Computational Mathematics, 31 p. (Submitted) (SCOPUS) (SNIP: 1.207) <http://acmij.az/view.php?lang=az&menu=main>

Īsais apraksts (raksti 1.-3.): Mēs izpētījām specifisku problēmu par plašas nomenklatūras kravu optimālu jūras pārvadājumu plānošanu ar vienas kompānijas (korporatīvās stratēģijas gadījumā) vai vairāku kompāniju (dalēji korporatīvās stratēģijas gadījumā) kuģiem: pētāmā problēmas specifika ir, ka starp sākuma un gala ostām ir starpostu tīkls, kur katrā ostā, ienākot kuģim, ir jāveic kravas iekraušanas-izkraušanas operācijas. Darbā: (a) no nulles izstrādājām matemātisko modeli daudzkritēriju optimizācijas problēmas veidā; (b) atkarībā no kritēriju

īpašībām un no pieļaujamo risinājumu kopas struktūras formulējām dažādu veidu optimalitātes nosacījumus; (c) analizējām dažādas piejas efektīvu risinājumu (tā saukto Pareto-optimālo risinājumu) atrašanai un iepriekšējai risinājumu efektivitātes pārbaudei; (d) izstrādājām analītiski-skaitlisku metodi, kas apvieno Gembikas mērķa sasniegšanas metodi un Tihonova regularizācijas metodi, un kura ļauj atrast stabili apskatāmās daudzkritēriju optimizācijas problēmas risinājumu. Bez tam, mēs apskatījām un analizējām trīs plaši pazīstamas metodes Pareto kopas sašaurināšanai (svērto summu metode; epsilonierobežojumu metode; Gembikas mērķa sasniegšanas metode). Iegūtie rezultāti var tikt pielietoti plašas nomenklatūras kravu pārvadājumu plānošanā pa autoceļiem vai pa dzelzceļiem. Sasniegtie rezultāti var būt pielietoti arī daudznomenklatūras kravu pārvadājumu plānošanas auto- un dzelzceļos.

Matemātiskie modeļi: 2 gab.

Analītiskās metodes: 1 gab.

Analītiski-skaitliskie algoritmi: 2 gab.

Skaitliskie algoritmi: 0 gab.

4. Sh.E.Guseynov, U.Zaimis, J.V.Aleksejeva, J.Kaupuzs, A.Jansone, A.Grickus (2016). *On a mathematical model describing the motion of solid particles of micro- and nano-size in gas flow.* – International Scientific Journal "Machines. Technologies. Materials", Issue 11/2016, ISSN: 1313-0226, 1314-507X, pp. 23-32. <http://stumejournals.com/mtm/Archive/2016/11-2016.pdf>

Īsais apraksts (raksts 4.): Mēs izstrādājām diskrētus 1D un 2D matemātiskos modeļus, kuri apraksta cietu mikro- un nanoizmēra daļiņu kustību atbilstošās 1D un 2D gāzu plūsmās. Izveidotais diskrētais 1D modelis balstās uz sekojošiem pieņēumiem: mikro- un nanodaļiņu iedarbība uz gāzi ir niecīga; mikro- un nanodaļiņu savstarpējā mijiedarbība salīdzinājumā ar gāzes iedarbību uz mikro- un nanodaļiņām arī ir niecīga; mikro- un nanodaļiņas gāzes plūsmā var pārvietoties gan turp, gan atpakaļ, pie tam katrā fiksētā laika posmā uz šo pārvietošanos netiek uzlikts ierobežojums par iespēju nomainīt atrašanās vietu tikai uz blakus pozīciju. Šie trīs pieņēumi ir pilnībā pamatoti, ja, piemēram, mikro- un nanodaļiņu tilpuma un masas koncentrācija gāzē ir pietiekami maza un ja sistēmā nedarbojas āreja ietekme (piemēram, elektromagnētiskā), kas raksturīgi daudziem svarīgiem praktiskiem pielietojumiem. Bez tam, mēs arī pieļāvām dažus citus nosacījumus, kuru izpilde nodrošina izstrādātā 1D modeļa robežpāreju: rezultātā mēs iegūstam nepārtrauktu 1D modeli specifiska veida integro-diferenciālvienādojuma sākuma-robežproblēmas veidā. Mēs veicām iegūtā 1D modeļa varbūtisko interpretāciju, kā arī izpētījām tā risinājamību. Mēs atradām īpašus pietiekamos nosacījumus, kuru izpilde nodrošina izstrādātā nepārtrauktā 1D modeļa risinājuma vienīgumu. Mēs parādījām, ka no mūsu specifiskā veida integro-diferenciālvienādojuma var tikt iegūts Fokkera-Planka vienādojums. Visbeidzot, izpētāmo problēmu mēs apkopojām 2D gadījumam.

Matemātiskie modeļi: 3 gab.

Analītiskās metodes: 0 gab.

Analītiski-skaitliskie algoritmi: 0 gab.

Skaitliskie algoritmi: 0 gab.

5. Sh.E.Guseynov, U.Zaimis (2016). *On a physico-mathematical model for controlled formation of periodic nanostructures at solid surfaces irradiated by femtosecond laser pulses.* – Scientific Technical Journal of Material Science, Issue 3/2016: "Nonequilibrium Phase Transformations", ISSN: 2367-749X, pp. 17-20. <http://stumejournals.com/ms/archive/2016/3-2016.pdf>
6. Sh.E.Guseynov, U.Zaimis (2016). *On a physico-mathematical model for controlled formation of periodic nanostructures at solid surfaces irradiated by femtosecond laser pulses.* – International Journal for Science, Technics and Innovations for the Industry

"Machines, Technologies, Materials", Issue 7/2016, ISSN: 1313-0226, Publisher: Scientific Technical Union of Mechanical Engineering, pp. 23-26.
<http://stumejournals.com/mtm/Archive/2016/7-2016.pdf>

Īsais apraksts (raksti 5. un 6.): Mēs izstrādājām fizikāli-matemātisku parametrisku 3D modeli, kas apraksta (ar dažiem nosacījumiem) temperatūras un elektromagnētiskā lauka evolūciju uz materiālu virsmas (izmantojot vara piemēru) femtosekunžu lāzera impulsu ietekmē. Izstrādātais 3D modelis ir nelineārs divtemperatūru modelis, kas ļauj izpētīt starojuma un cetas vielas (metāla, pusvadītāja, dielektriķa) mijiedarbības dažas galvenās īpašības femtosekunžu lāzera impulsu iedarbībā. Mūsu 3D modelis ir parametisks modelis, kurā tiek ņemta vērā periodisku virsmas nanostruktūru fizikāli-ķīmisko raksturlielumu atkarība no vadāmiem parametriem: no polarizācijas efekta, no krišanas leņķa, no energijas blīvuma, no vilņa garuma, utt. 3D modeļa izstrādē mēs ņemām vērā nanovirsmas elektromagnētisko vilņu ierosmi, kas lāzera ablācijas procesā periodiski pastiprinās vai pavajinās, t.i. ir novērojama periodiska interference.

Matemātiskie modeļi: 1 gab.

Analītiskās metodes: 0 gab.

Analītiski-skaitliskie algoritmi: 0 gab.

Skaitliskie algoritmi: 0 gab.

7. Sh.E.Guseynov, U.Zaimis, J.V.Aleksejeva (2016). *Thermodynamic analysis of two-temperature model describing the dynamics of the temperature field on the material surface under the influence of femtosecond laser pulses.* – International Scientific Journal "Machines. Technologies. Materials", 6 p. (Accepted)

Īsais apraksts (raksts 7.): Mēs izstrādājām efektīvu (no vienkāršības un izpildes viedokļa) termodinamisku pieeju uzbūvētā divtemperatūru nelineārā 3D modeļa (t.i. vienādojumu sistēmas, kas apraksta temperatūras un elektromagnētisko lauku uz materiālu virsmas femtosekunžu lāzera impulsu ietekmē) analīzei, kurai pievienotas vēl divas vienādojumu sistēmas: vienādojumi, kas apraksta kondensētās fāzes evolūciju; vienādojumi, kas apraksta tvaika fāzes izplešanos, un, visbeidzot, vispārinātais Van-der Vaalsa vienādojums, kas ir viena no visizteiktākajām fāzu līdzsvara izteiksmes formām, kas ļauj noteikt saistību starp temperatūras, spiediena un esošā šķidruma un tvaika sastāva izmaiņām. Visas trīs vienādojumu sistēmas ir atrisināmas dažādos laika mērogos pie dažādiem lāzera irradiācijas nosacījumiem. Visbeidzot, svarīgi atzīmēt, ka mūsu izstrādātā termodinamiskā pieeja var tikt izmantota gan materiālu stāvokļa analīzei sasilstot un izplešoties femtosekunžu lāzera impulsu ietekmē, gan materiālu elektronu apakšsistēmas starojuma absorbcijas mehānisma analīzē, pieņemot, ka šie elektroni paspēj termalizēties.

Matemātiskie modeļi: 1 gab.

Analītiskās metodes: 1 gab.

Analītiski-skaitliskie algoritmi: 0 gab.

Skaitliskie algoritmi: 0 gab.

8. A.Natrins, K.Lesinskis, Sh.E.Guseynov (2016). *Evaluating country attractiveness by using index approach for strategic decision making process related to expansion of financial service markets.* – Journal of Business Management, ISSN: 1691-5348, 13 p. (Submitted)

Īsais apraksts (raksti 8.): Mēs izstrādājām divus matemātiskos modeļus, uz kuru bāzes mēs piedāvājām divas dažādas pieejas atsevišķu post-sociālistisku Centrālās un Austrumeiropas valstu ekonomiskās labklājības izpētei: pirmā pieeja ļauj noteikt vislabāko stratēģiju nedārgu pakalpojumu eksportam; otrā pieeja ļauj noteikt banku un dažu citu luksusa pakalpojumu eksporta potenciālu

Matemātiskie modeļi: 4 gab.

Analītiskās metodes: 2 gab.

Analītiski-skaitliskie algoritmi: 0 gab.

Skaitliskie algoritmi: 0 gab.

Raksti straptautisko konferenču krājumos (2 gab.)

1. Sh.E.Guseynov, U.Zaimis, J.V.Aleksejeva, J.Kaupuzs, A.Jansone, A.Grickus (2016).

On a mathematical model describing the motion of solid particles of micro- and nano-size in gas flow. – Proceedings of the XIII International Scientific Congress "Machines. Technologies. Materials", September 14-17, 2016, Varna, Bulgaria, Issue 23 (209), Volume 1: Technologies, ISSN: 1310-3946, pp. 53-62.
<http://mtmcongress.com/summer/sbornik/2016-1.pdf>

Īsais apraksts: Mēs izstrādājām diskrētus 1D un 2D matemātiskos modeļus, kuri apraksta cietu mikro- un nanoizmēra daļiņu kustību atbilstošās 1D un 2D gāzu plūsmās. Izveidotais diskrētais 1D modelis balstās uz sekojošiem pieņēmumiem: mikro- un nanodaļiņu iedarbība uz gāzi ir niecīga; mikro- un nanodaļiņu savstarpējā mijiedarbība salīdzinājumā ar gāzes iedarbību uz mikro- un nanodaļiņām arī ir niecīga; mikro- un nanodaļiņas gāzes plūsmā var pārvietoties gan turp, gan atpakaļ, pie tam katrā fiksētā laika posmā uz šo pārvietošanos netiek uzlikts ierobežojums par iespēju nomainīt atrašanās vietu tikai uz blakus pozīciju. Šie trīs pieņēmumi ir pilnībā pamatoti, ja, piemēram, mikro- un nanodaļiņu tilpuma un masas koncentrācija gāzē ir pietiekami maza un ja sistēmā nedarbojas ārēja ietekme (piemēram, elektromagnētiskā), kas raksturīgi daudziem svarīgiem praktiskiem pielietojumiem. Bez tam, mēs arī pieļāvām dažus citus nosacījumus, kuru izpilde nodrošina izstrādātā 1D modeļa robežpāreju: rezultātā mēs iegūstam nepārtrauktu 1D modeli specifiska veida integro-diferenciālvienādojuma sākuma-robežproblēmas veidā. Mēs veicām iegūtā 1D modeļa varbūtisko interpretāciju, kā arī izpētījām tā risinājamību. Mēs atradām īpašus pietiekamos nosacījumus, kuru izpilde nodrošina izstrādātā nepārtrauktā 1D modeļa risinājuma vienīgumu. Mēs parādījām, ka no mūsu specifiskā veida integro-diferenciālvienādojuma var tikt iegūts Fokkera-Planka vienādojums. Visbeidzot, izpētāmo problēmu mēs apkopojām 2D gadījumam.

2. Sh.E.Guseynov, U.Zaimis (2016). *On a physico-mathematical model for controlled formation of periodic nanostructures at solid surfaces irradiated by femtosecond laser pulses.* – Proceedings of the 4th International Scientific Conference "Engineering. Technologies. Education. Security", June 01-03, 2016, Veliko Tarnovo, Bulgaria, Issue 9 (195), Volume 1: Information Technologies, Natural and Mathematical Sciences, ISSN: 1310-3946, pp. 54-57. <http://www.techtos.net/sbornik/2-2016.pdf>

Īsais apraksts: Mēs izstrādājām fizikāli-matemātisku parametrisku 3D modeli, kas apraksta (ar dažiem nosacījumiem) temperatūras un elektromagnētiskā lauka evolūciju uz materiālu virsmas (izmantojot vara piemēru) femtosekunžu lāzera impulsu ietekmē. Izstrādātais 3D modelis ir nelineārs divtemperatūru modelis, kas ļauj izpētīt starojuma un cetas vielas (metāla, pusvadītāja, dielektriķa) mijiedarbības dažas galvenās īpašības femtosekunžu lāzera impulsu iedarbībā. Mūsu 3D modelis ir parametrisks modelis, kurā tiek ņemta vērā periodisku virsmas nanostruktūru fizikāli-ķīmisko raksturlielumu atkarība no vadāmiem parametriem: no polarizācijas efekta, no krišanas leņķa, no enerģijas blīvuma, no viļņa garuma, utt. 3D modeļa izstrādē mēs ņemām vērā nanovirsmas elektromagnētisko vilņu ierosmi, kas lāzera ablācijas procesā periodiski pastiprinās vai pavājinās, t.i. ir novērojama periodiska interference.

Tēzes (bez rakstiem) konferencēs (3 gab.)

1. Sh.E.Guseynov, J.S.Rimshans (2016). *On the Ginzburg-Feinberg problem of frequency electromagnetic sounding for unambiguous determination of the electron density in the ionosphere.* – Book of Abstracts of the 11th Latvian Mathematical Conference, April 15-16, 2016, Daugavpils, Latvia, pp. 32-33. <http://www.mathematics.lv/lv/11lmb/Abstracts.pdf>

Īsais apraksts: Mēs izpētījām vienu frekvenču elektromagnētiskās zondēšanas inverso problēmu viennozīmīgai elektronu blīvuma noteikšanai jonasfērā. Šīs problēmas tiešais uzstādījums pazīstams kā Ginzburga-Feinberga problēma, kurai vispārīgā gadījumā piemīt būtiska nelinearitāte. Mēs pierādījām uzstādītās inversās problēmas risinājuma eksistenci un unikalitāti, kā arī piedāvājām analītisku metodi, kas dot iespēju, pirmkārt, reducēt to uz integrālās ģeometrijas problēmu, un, otrkārt, pēc tam, pielietojot modificētu adaptētu Lavrentjeva teorēmas variantu, reducēt iegūto integrālās ģeometrijas problēmu uz pirmā veida Volterra matricu integrālvienādojumu ar vāju īpatnību.

2. Sh.E.Guseynov, R.Guseinovs, J.V.Aleksejeva, R.Aleksejevs (2016). *On two approaches for determining countries potential on purpose of export of non-expensive and luxury services.* – Book of Abstracts of the 11th Latvian Mathematical Conference, April 15-16, 2016, Daugavpils, Latvia, pp. 30-31. <http://www.mathematics.lv/lv/11lmb/Abstracts.pdf>

Īsais apraksts: Mēs izstrādājām divas pieejas (izmantojot inverso un nekorekto problēmu teorijas aparātu) valstu eksporta potenciāla noteikšanai nedārgām un luksusa precēm (pakalpojumiem).

3. A.Natrins, K.Lesinskis, Sh.E.Guseynov (2016). *Evaluating country attractiveness by using index approach for strategic decision making process related to expansion of financial service markets.* – The 9th Annual Scientific Baltic Business Management Conference "Challenges of Business Sustainability in the Digital Age" (ASBBMS'16), April 21-23, 2016, Riga, Latvia, Presentation 27 p. <http://asbbmc.eu/>

Īsais apraksts: Mēs izstrādājām divus matemātiskos modeļus, uz kuru bāzes mēs piedāvājām divas dažādas pieejas atsevišķu post-sociālistisku Centrālās un Austrumeiropas valstu ekonomiskās labklājības izpētei: pirmā pieeja ļauj noteikt vislabāko stratēģiju nedārgu pakalpojumu eksportam; otrā pieeja ļauj noteikt banku un dažu citu luksusa pakalpojumu eksporta potenciālu.

Pētnieka brošūra (1 gab.)

1. A.Nātriņš, I.Driķis, Š.Guseinovs, K.Lešinskis, A.Sarnovičs (2016). *Centrāleiropas un Austrumeiropas valstu pievilcīguma indeksu izveidošanas pamatprincipi turīgo klientu segmenta un finanšu pakalpojumu potenciāla novērtēšanai.* – Rīga: Banku Augstskolas Biznesa un finanšu pētniecības centrs, 107 lappuses.

Zinātniski izglītojošais seminars (7 referāti)

Semināra nosaukums: Matemātiskās modelēšanas un informācijas tehnoloģiju izmantošana zinātniski-tehnisko, tehnoloģisko, ekonomisko, finanšu, vides, sociāli-humanitāro problēmu risināšanā

Organizatori: Liepājas Universitātes Dabaszinātņu un inovatīvo tehnoloģiju institūts sadarbībā ar Baltijas Starptautiskā Akadēmija

Norises laiki: 2016.gada 15.-16. decembris

Norises vieta: Krīšjāņa Valdemāra 4, Liepāja, Latvia

Prezentācijas seminarā:

1. Sh.E.Guseynov, U.Zaimis (2016). *High-precision lapping of spherical surface of titanium alloy by laser irradiation in order to receive high quality and wear-resistant implants of the human hip joint.* – Presentation in the Scientific Workshop "Application of mathematical modelling and information technologies in solving scientific-technical, industrial-engineering, economic, financial, environmental and social-humanitarian problems", December 15-16, 2016, Liepaja, Latvia, 10 pages.
2. Sh.E.Guseynov, A.Grickus (2016). *Mathematical modelling of the processing mechanism of dispersed granular materials in gravitational flow with horizontal or inclined vibrating sieve classifying screens.* – Presentation in the Scientific Workshop "Application of mathematical modelling and information technologies in solving scientific-technical, industrial-engineering, economic, financial, environmental and social-humanitarian problems", December 15-16, 2016, Liepaja, Latvia, 12 pages.
3. Sh.E.Guseynov, J.V.Aleksejeva (2016). *Investigation of comparative degree of coherence of key socioeconomic indicators for the post-socialist countries of Central and Eastern Europe to determine the potential of export banking and certain other luxury services.* – Presentation in the Scientific Workshop "Application of mathematical modelling and information technologies in solving scientific-technical, industrial-engineering, economic, financial, environmental and social-humanitarian problems", December 15-16, 2016, Liepaja, Latvia, 32 pages.
4. Sh.E.Guseynov, J.V.Aleksejeva (2016). *On a multi-criteria model for planning maritime cargo transportation with handling operations in intermediate seaports.* – Presentation in the Scientific Workshop "Application of mathematical modelling and information technologies in solving scientific-technical, industrial-engineering, economic, financial, environmental and social-humanitarian problems", December 15-16, 2016, Liepaja, Latvia, 17 pages.
5. Sh.E.Guseynov, U.Zaimis, J.V.Aleksejeva, J.Kaupuzs, A.Jansone, A.Grickus (2016). *On a mathematical model describing the motion of solid particles of micro- and nano-size in gas flow.* – Presentation in the Scientific Workshop "Application of mathematical modelling and information technologies in solving scientific-technical, industrial-engineering, economic, financial, environmental and social-humanitarian problems", December 15-16, 2016, Liepaja, Latvia, 23 pages.
6. V.A.Ravichandran, Sh.Iqbal, Sh.E.Guseynov (2016). *Methods of propositional algebra in solving convoluted verbal problems arising in the social-humanitarian fields.* – Presentation in the Scientific Workshop "Application of mathematical modelling and information technologies in solving scientific-technical, industrial-engineering, economic, financial, environmental and social-humanitarian problems", December 15-16, 2016, Liepaja, Latvia, 8 pages.
7. U.Untulis, J.Gegeris, Sh.E.Guseynov (2016). *Mathematical modelling of problem of optimal sowing agricultural crops.* – Presentation in the Scientific Workshop "Application of mathematical modelling and information technologies in solving scientific-technical, industrial-engineering, economic, financial, environmental and social-humanitarian problems", December 15-16, 2016, Liepaja, Latvia, 15 pages.

Populārzinātniskā publikācija (1 gab.)

Tika uzrakstīta populārzinātniskā publikācija ar nosaukumu "*Kas ir inversā problēmas?*" (Autori: Šarifs Guseinovs, Jekaterina Aleksejevs, Jevgenijs Kaupužs), 6 lappuses. Tā tiks publicēta 2016.g. decembrī.

Magistra darbs (3 gab.)

1. Uldis Žaimis: "*Development of mathematical models, analytico-numerical methods, and appropriate information system for controlled formation of periodic*

<i>nanostructures at solid surfaces irradiated by femtosecond laser pulses", Liepājas Universitātes Dabas un inženierzinātņu fakultāte (Zin. vad.: Š.Guseinovs)</i>
2. Valdis Priedols: " <i>Creation of physical problems and their using in a school course of physics</i> " (Zin. vad.: J.Rimšāns, A.Grickus)
3. Meldra Ķemere: " <i>Two-phases Stefan problem for semiconductors under laser irradiation – exponential ADI difference scheme and parallel computing approach</i> " (Zin. vad.: J.Rimšāns, J.Kaupužs)

Projekta Nr. 4 apgūtais finansējums (euro)

		Plānots 14.– 2017. g.	1. posms	2. posms	3. posms	4. posms
1000– 9000*	IZDEVUMI – KOPĀ	238 890	31 432	52 658	53 750	
1000	Atlīdzība	223 473	27 992	47 742	49 047	
2000	Preces un pakalpojumi (2100+2200)	13 417	3 440	4 916	4703	
2100	Mācību, darba un dienesta komandējumi, dienesta, darba braucieni	3 500	790	343		
2200	Pakalpojumi	9 714	2 650	4 573	4703	
2300	Krājumi, materiāli, energoresursi, preces, biroja preces un inventārs	203				
5000	Pamatkapitāla veidošana	2 000				

* Minētie skaiti ir budžeta finansēšanas klasifikācijas kodi.

Projekta Nr. 4 rezultatīvie rādītāji

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

Rezultatīvais rādītājs	Rezultāti							
	plānots	sasniegts						
		2014. g.		gads				
Zinātniskie rezultatīvie rādītāji								
1. Zinātnisko publikāciju skaits:								
Originālo zinātnisko rakstu (SCOPUS (SNIP>1) skaits	8	1			1 un 1 iesnīegts			
Citi Web of Science vai SCOPUS datubāzēs iekļautajos izdevumos publicēti oriģināli recenzēti konferenču raksti un raksti	3	2		2	2			
Originālo zinātnisko rakstu ERIH (A un B) datubāzē iekļautajos žurnālos vai konferenču rakstu krājumos skaits	12	2 (sa gat avoti)		4	7 un 1 iesnīegts			

recenzētu zinātnisku monogrāfiju skaits	1						
2. Programmas ietvaros aizstāvēto darbu skaits:							
promocijas darbu skaits	4	1					
maģistra darbu skaits	11			5	5		
3. IT drošības pētniecības laboratorijas izveide cert.lv sastāvā saskaņā ar IT drošības likumā noteikto	1						
4. IT doktorantūras skolas pētniecības bāzes izveide	1			1	1		
Programmas popularizēšanas rezultatīvie rādītāji							
1. Programmas gaitas un rezultātu popularizēšanas interaktīvie pasākumi, kuru mērķu grupās iekļauti arī izglītojamie, skaits:							
konferences	3	3		7	6		
semināri	3						
rīkotie semināri	8			1	1		
populārzinātniskas publikācijas	7			1	2		
Konferenču tēzes (bez raksti)				6	3		
izstādes	1						
pētnieka brošūra					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 atsavīnāšana, licencēšana, izņēmuma tiesību vai lietošanas tiesību piešķiršana par atlīdzību)							
1.3. ieņēmumi no līgumdarbiem, kas balstās uz programmas ietvaros radītajiem rezultātiem un zinātības							
2. Programmas ietvaros pieteikto, reģistrēto un spēkā uzturēto patentu vai augu šķirņu skaits:							
Latvijas teritorijā							
ārpus Latvijas	1						
3. Programmas ietvaros izstrādāto jauno tehnoloģiju, metožu, prototipu vai pakalpojumu skaits,							

kas aprobēti uzņēmumos							
4. Ieviešanai nodoto jauno tehnoloģiju, metožu, prototipu, produktu vai pakalpojumu skaits (noslēgtie līgumi par intelektuālā īpašuma nodošanu)							
5. Reģionālo augstskolu pētniecības un izglītības IT centra izveide ar attālināta darba iespējām (Regional Partner Research Facility)	1				1		

Projekta Nr.4 vadītājs

(paraksts¹)

(vārds, uzvārds)

(datums¹)

Zinātniskās institūcijas vadītājs

(paraksts¹)

(vārds, uzvārds)

(datums¹)