

**INFOTEHNOLOOGIA TEADUSKOND**  
**TEADUS- JA ARENDUSTEGEVUSE AASTAARUANNE 2015**

**1. Teaduskonna/asutuse (edaspidi struktuurüksus) struktuur** *(seisuga 31. detsember)*

**INFOTEHNOLOOGIA TEADUSKOND**  
**FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY**

Dekaan: Professor Gert Jervan  
+372 620 2261  
gert.jervan@ttu.ee

Teadus- ja arendusprodekaan: Professor Maarja Kruusmaa  
+372 518 3074  
maarja.kruusmaa@ttu.ee

**Arvutiteaduse instituut**  
**Department of Computer Science**

Direktor: Professor Jüri Vain, juri.vain@ttu.ee, +372 620 4190

Teoreetilise informaatika õppetool/Chair of Theoretical Informatics

Professor Tarmo Uustalu, tarmo.uustalu@ttu.ee, +372 620 4250

Võrgutarkvara õppetool/Chair Network Software

Professor Tanel Tammet, tanel.tammet@ttu.ee, +372 620 3457

Üldinformaatika õppetool/Chair of General Informatics

Professor Jüri Vain, juri.vain@ttu.ee, +372 620 4190

TTÜ küberkriminalistika ja küberjulgeoleku keskus/TUT Centre for Digital Forensics and Cyber Security

Dotsent Rain Ottis, rain.ottis@ttu.ee

**Arvutitehnika instituut**  
**Department of Computer Engineering**

Direktor: Dotsent Margus Kruus, margus.kruus@ttu.ee, +372 620 2250

Arvutisüsteemide diagnostika ja verifitseerimise õppetool/Chair of Computer Systems Test and Verification

Professor Raimund-Johannes Ubar, raimund.ubar@ttu.ee, +372 620 2252

Arvutisüsteemide projekteerimise õppetool/Chair of Computer Systems Design

Professor Peeter Ellervee, peeter.ellervee@ttu.ee, +372 620 2258

Süsteemitarkvara õppetool/Chair of System Software

Professor Ahto Kalja, ahto.kalja@ttu.ee, +372 620 4210

**Automaatikainstituut**  
**Department of Computer Control**

Direktor: Dotsent Boris Gordon, boris.gordon@ttu.ee, +372 620 2106

Automaatjuhtimise ja süsteemianalüüsi õppetool/Chair of Automatic Control and Systems Analysis

Professor Ennu Rüstern, ennu.rustern@ttu.ee, +372 620 2104

Reaalajasüsteemide õppetool/Chair of Real Time Systems

Professor Leo Mõtus, leo.motus@ttu.ee, +372 620 2118

Siduteooria ja –disaini õppetool/Chair of Circuit Theory and Design

Professor Vello Kukk, vello.kukk@ttu.ee, +372 620 2111

Proaktiivtehnoloogiate teaduslaboratoorium/Research Laboratory for Proactive Technologies

Vanemteadur Jürjo-Sören Preden, jurgo.preden@ttu.ee, +372 620 2117

**Informaatikainstituut**  
**Department of Informatics**

Direktor: Professor Rein Kuusik, rein.kuusik1@ttu.ee, +372 620 2301

Informaatika aluste õppetool/Chair of Foundations of Informatics

Professor Rein Kuusik, rein.kuusik1@ttu.ee, +372 620 2301

Infosüsteemide õppetool/Chair of Information Systems

Dotsent Erki Eessaar, erki.eessaar@ttu.ee, +372 620 2306

Infoturbe õppetool/Chair of Information Security

Professor Ahto Buldas, ahto.buldask@ttu.ee, +372 620 2300

Tarkvaratehnika õppetool/Chair of Software Engineering

Professor Kuldar Taveter, kuldar.taveter@ttu.ee, +372 620 2313

Teadmussüsteemide õppetool/Chair of Knowledge-Based Systems

Professor Jaak Tepandi, jaak.tepandi@ttu.ee, +372 620 2308

**Raadio- ja sidetehnika instituut****Department of Radio-and Communication Engineering**

Direktor: Professor Toomas Ruuben, toomas.ruuben@ttu.ee, +372 620 2354

Raadiotehnika õppetool/Chair of Radio Engineering

Professor Toomas Ruuben, toomas.ruuben@ttu.ee, +372 620 2354

Signaalitöötuse õppetool/Chair of Signal Processing

Professor Tõnu Trump, tonu.trump@ttu.ee, +372 620 2350

Telekommunikatsiooni õppetool/Chair of Telecommunications

Dotsent Eerik Lossmann, eerik.lossmann@ttu.ee, +372 620 2360

**Thomas Johann Seebecki elektroonikainstituut****Thomas Johann Seebeck Department of Electronics**

Direktor: Professor Toomas Rang, toomas.rang@ttu.ee, +372 620 2154

Siduselektronika õppetool/Chair of Communicative Electronics

Professor Toomas Rang, toomas.rang@ttu.ee, +372 620 2154

Kognitiivelektronika teaduslabor/Baselab for Cognitive Electronics ResearchSiduselektronika teaduslabor/Baselab for Electronics and Communication Research**Biorobotika keskus****Centre of Biorobotics**

Professor Maarja Kruusmaa, maarja.kruusmaa@ttu.ee, +372 518 3074

**2. Teadus- ja arendustegevuse (edaspidi T&A) iseloomustus****2.1 Struktuuriüksusesse kuuluvad uurimisrühmad****Uurimisrühm 1**

- nimetus eesti keeles: **Formaalmeetodite põhine analüüs, verifitseerimine ja planeerimine**
- nimetus inglise keeles: **Formal methods based analysis, verification and planning**
- juhi nimi, ametikoht ja allüksus: Jüri Vain, professor, arvutiteaduse instituut
- liikmed (nimi, ametikoht ja allüksus; täpsustatakse, kas on doktorant, magistrant):
  - o Juhan-Peep Ernits, dotsent, arvutiteaduse instituut
  - o Marko Kääramees, dotsent, arvutiteaduse instituut
  - o Sven Nõmm, vanemteadur, arvutiteaduse instituut
  - o Tanel Tammet, professor, arvutiteaduse instituut
  - o Leonidas Tsiopoulos, vanemteadur, arvutiteaduse instituut
  - o Gert Kanter, lektor, arvutiteaduse instituut, doktorant
  - o Evelin Halling, assistent, arvutiteaduse instituut, doktorant
  - o Ago Luberg, assistent, arvutiteaduse instituut, doktorant
  - o Priit Järv, arvutiteaduse instituut, doktorant
- **teadustöö ülevaade**

- **teadustöö lühikirjeldus (eesti ja inglise keeles)**

Töörühma teadustegevus oli suunatud formaalmeetodite (mudelkontroll, mudelipõhine testimine, SMT kitsenduste lahendamine, masintõestamine ja semantiline andmekaeve) väljatöötamisele ja rakendamisele küberfüüsiliste süsteemide (KFS) arenduses. Ajakitsendustega mittedeterministlike süsteemide verifitseerimise ja testimise alal töötas rühm välja reaktiivse planeeriva testi kontseptsiooni ja rakendas seda roboti navigatsioonisüsteemi testimisel. Koostöös Birminghami Ülikooliga täiustati allveeroboti Iver tõrgete diagnostika meetodit. Garantiidega tarkvara arendusmeetodite alal uuriti kontraktide teooria interpretatsioone konkreetsetes formalismides nagu Event-B ja ajaga automaadid (koostöö Abo Akademi Ülikooliga). CFS ajaparaameetrite fluktuatsiooni (time jitter) modelleerimist, simulatsioonilist analüüsi ja verifitseerimist uuriti koostöös Sannio ja Kalasalingami ülikoolidega. Demonstreeriti, et TrueTime numbrilise simulatsiooni ja ajaomaduste mudelkontrolli kooskasutamine annab häid tulemusi rakendustes nagu nutikad energiavõrgud ja tööstusautomaatika süsteemid. Koostöös TÜ Kliinikumi ja psühholoogia instituudiga uuriti bio-füüsikaliste paraameetrite kasutamist parkinsoni tõve põdevate patsientide raviprotsesside kirjeldamisel ja edukuse hindamisel.

Main research activities of the group are focused on the development and application of formal methods (model checking, model-based testing, SMT constraint solving, automated reasoning and semantic data mining) for model-based development of distributed cyber physical systems (CPS). In the field of *verification and test generation* the group introduced reactive planning tester concept and show its practical feasibility in testing robot's autonomous navigation systems. The diagnosis of faults in autonomous underwater vehicles was joint research topic with Birmingham University. Research on correct-by-construction software development and interpretation of general contract theory in formalisms Event-B and Timed Automata was performed in collaboration with Abo Akademi Univ. Research on *simulation modelling and verification of time jittering* in CPS is performed with Univ. of Sannio, and Kalasalingam Univ. Combining numeric simulation with timing model checking has been applied in case studies such as smart energy grids and industrial automation system. In cooperation with Tartu Univ. Hospital the dynamics of bio-physical parameters for Parkinson Disease patients was investigated. The parameters found in cooperation with Psychology Institute were studied to measure and evaluate the treatment processes of Parkinson Disease.

- **aruandeaastal saadud kõige olulisemad teadustulemused (eesti ja inglise keeles)**

- Loodi CFS disaini- ja verifitseerimismetodoloogia, mis kasutab disainis mitmekriteeriumiga evolutsioonilist optimeerimist ja valideerimiseks mudelkontrolli. Ajas muutuvat hilistumist kirjeldati tuiklemisena (*jitter*). Metoodikat kasutati CFS jõudlus- ja ajastuse omaduste disainil.
- Uppaali ajaga automaatide klassis defineeriti täpsustusrelatsioon ja näidati selle seos formalismi Event-B andmetäpsustusrelatsiooniga. Seda seost kasutades loodi integreeritud ja vastastikku täiendavad mudelipõhise arenduse töövood nendes formalismide jaoks. Meetodit demonstreeriti IEEE 1394 standardile vastava protokolliga arendusnäitel.
- Esitati mudelipõhise integratsioonitesti meetod ROSi baasil realiseeritud roboti navigatsiooni tarkvara testimiseks. Testimudel genereeritakse topoloogilise kaarti alusel, mida saab laiendada inimeste liikumist ruumis kirjeldavate stsenaariumidega.
- A methodology to design and verify CPS using multi-objective evolutionary optimization, and model checking was developed where time-varying delays are characterized by jitter. The result is applied for design and validation of CPS performance and timing guarantees.
- The refinement relation in the class of Uppaal Timed Automata was defined and interrelated with the data refinement in Event-B. Using this interrelation Event-B and Uppaal refinement-based design flows have been integrated. The approach is demonstrated on IEEE 1394 protocol.

- Model-based integration testing method of navigation and localisation software for mobile robots built in ROS was proposed. A test model generation from the topological map was developed. It was shown how to specify test scenarios augmented by adding humans action.

#### **Koostöö<sup>1</sup> teiste TA asutuste ja ettevõtete (sh välisriikidest):**

- o Abo Akademi (Soome)
- o Tokyo Women's Medical University (Jaapan)
- o Tokyo Denki University (Jaapan)
- o ELIKO Tehnoloogia Arenduskeskus OÜ (Eesti)
- o University of Sannio (Itaalia)
- o Kalasalingam University (India)
- o The National Aerospace University Kharkiv Aviation Institute (Ukraina)
- o Birmingham University (UK)

- **kuni 3 olulisemat aruandeaastal ilmunud artiklit** (ETIS klassifikaatori alusel 1.1, erandjuhul 3.1). Eraldi tuuakse välja monograafiad (ETIS klassifikaatori alusel 2.1). Publikatsioonid peavad olema kajastatud ETIS-es.:

1. Balasubramanian, S.; Srinivasan, S.; Buonopane, F.; Ramaswamy, S.; Subatra, B.; Vain, J. Design and Verification of Cyber-Physical Systems Using TrueTime, Evolutionary Optimization and UPPAAL. *Microprocessors and Microsystems*, 41, 1–31, j.micpro.2015.12.006. (1.1.)
2. Srinivasan, Seshadhri; Buonopane, Furio; Vain, Juri; Ramaswamy, Srini (2015). Model checking response times in networked automation systems using jitter bounds. *Computers in Industry*, 74, 186–200, 10.1016/j.compind.2015.06.012. (1.1.)
3. Ernits, Juhan; Halling, Evelin; Kanter, Gert; Vain, Jüri (2015). Model-based integration testing of ROS packages: a mobile robot case study. *2015 IEEE European Conference on Mobile Robots : Lincoln, UK, September 2-4, 2015, Proceedings*. Lincoln: IEEE, [1–7]. (3.1)

#### **Uurimisrühm 2**

- nimetus eesti keeles: **Küberkaitse uurimisrühm**
- nimetus inglise keeles: **Cyber Security research group**
- juhi nimi, ametikoht ja allüksus: Olaf Maennel, professor, TTÜ küberkriminalistika ja küberjulgeoleku keskus
- Liikmed (nimi, ametikoht ja allüksus; täpsustatakse, kas on doktorant, magistrant);
  - o Rain Ottis, dotsent, TTÜ küberkriminalistika ja küberjulgeoleku keskus
  - o Hayretdin Bahsi, vanemteadur, TTÜ küberkriminalistika ja küberjulgeoleku keskus
  - o Risto Vaarandi, vanemteadur, TTÜ küberkriminalistika ja küberjulgeoleku keskus
  - o Tiia Sõmer, nooremteadur, TTÜ küberkriminalistika ja küberjulgeoleku keskus (doktorant, 1.aasta)
  - o Toomas Lepik, nooremteadur, TTÜ küberkriminalistika ja küberjulgeoleku keskus (doktorant, 1.aasta)
  - o Jaan Priisalu, nooremteadur, TTÜ küberkriminalistika ja küberjulgeoleku keskus (doktorant, 1.aasta)
  - o Sten Mäses, nooremteadur, TTÜ küberkriminalistika ja küberjulgeoleku keskus
  - o Margus Ernits (doktorant, 3.aasta)
  - o Bernhards Blumbergs (doktorant, 3.aasta)
  - o Emin Caliskam (doktorant, 3.aasta)
  - o Mauno Pihelgas (doktorant, 2.aasta)
  - o Truls Ringkjøb (doktorant, 2.aasta)
  - o Kaur Kullman (doktorant, 1.aasta)

<sup>1</sup> Koostöö all peetakse silmas ühiseid teadusuuringuid, tulemuste publitseerimist jmt., mitte ainult lepingulise tellimustöö täitmist

- Markus Kont (doktorant, 1.aasta)
- **teadustöö ülevaade:**
  - **teadustöö lühikirjeldus (eesti ja inglise keeles)**
    - Tõsised mängud küberkaitses (s.t. meelelahutus ei ole peamine eesmärk). Uurimisgrupp keskendub täpsemalt küberkaitses harjutuste (tehnilised, mitte-tehnilised, kombineeritud) rollile küberkaitses alases väljaõppes ning plaanide, protsesside ja tehnoloogia katsetamises.
    - Kriitilise infoinfrastruktuuri (KII) kaitse ja situatsiooniteadlikkus. Konkreetsemalt huvitab gruppi KII määramine ning KII komponentide vaheliste seoste ja sõltuvuste kaardistamine, et omada kriisi haldamisel paremat situatsiooniteadlikkust.
    - Ründe ja ründaja profileerimine. Kaitset on võimalik efektiivsemalt korraldada, kui on teada ründaja motivatsioon ja võimekus. Sellest tulenevalt uurib grupp, kuidas küberründe korral vastast olemasoleva info (logikirjed, kasutatud tööriistad, jms.) põhjal profileerida.
    - Võrgukriminalistika ja –mõõtmised. Uurimistöö võrgulogide korrelatsiooni, andmekaeve ja võrguliikluse mõõtmise valdkonnas.
    - Serious games in cyber security (games where entertainment is not the primary objective). The group focuses primarily on the role of cyber security exercises (technical, non-technical, combined) in training and experimentation (plans, processes, technology).
    - Critical Information Infrastructure (CII) protection. The group is interested in defining CII and mapping the relationships and dependencies between CII components, in order to have better situational awareness during crisis management.
    - Attack(er) profiling. Defence can be more effectively organized, if one knows the motive and capabilities of the attacker. The group is studying methods for profiling the attacker based on the information available to the defender (logs, attack tools used, etc.).
    - Network forensics and measurement. Research in the field of network log correlation, data mining and network measurement.
  - **aruandeaastal saadud kõige olulisemad teadustulemused (eesti ja inglise keeles)**
    - Jätkus uurimistöö kõigis eelpool mainitud valdkondades. Esimene publikatsioon KII uurimisvaldkonnas. Tõsiste mängude valdkonnas valmis M.Ernitsa doktoritöö raames prototüüp, mida rakendatakse RangeForce startupis.
    - Research in all the above mentioned fields. First publication on CII. A prototype by M.Ernits led to a successful implementation by RangeForce startup.
- **koostöö teiste TA asutuste ja ettevõtete (sh välisriikidest)**
  - Warwicki Ülikool, Adelaide Ülikool, NATO CCD COE, Nixsun.
- **kuni 3 olulisemat aruandeaastal ilmunud artiklit** (ETIS klassifikaatori alusel 1.1, erandjuhul 3.1). Eraldi tuuakse välja monograafiad (ETIS klassifikaatori alusel 2.1). Publikatsioonid peavad olema kajastatud ETIS-es.
  1. Lutu, A.; Bagnulo, M.; Pelsser, C.; Maennel, O.; Cid-Sueiro, J. (2015). The BGP Visibility Toolkit: Detecting Anomalous Internet Routing Behavior. IEEE/ACM Transactions on Networking, 1–14, 10.1109/TNET.2015.2413838.
  2. Bahsi, H.; Maennel, O. M. (2015). A Conceptual Nationwide Cyber Situational Awareness Framework for Critical Infrastructures. In: S. Buchegger, M. Dam (Ed.). Secure IT Systems: 20th Nordic Conference, NordSec 2015, Stockholm, Sweden, October 19–21, 2015, Proceedings (3–10). Springer. (Lecture Notes in Computer Science; 9417).

3. Vaarandi, R.; Blumbergs, B.; Caliskan, E. (2015). Simple Event Correlator - Best Practices for Creating Scalable Configurations. Proceedings of the 2015 IEEE CogSIMA Conference.. IEEE, 96–100.
4. Ottis, R. (2015). Cyber Warfare. In: Lehto, M; Neittaanmäki, P. (Ed.). Cyber Security: Analytics, Technology and Automation (89–96). Springer. (Intelligent Systems, Control and Automation: Science and Engineering; 78).

### **Uurimisrühm 3**

- nimetus eesti keeles: **Usaldusväärsete arvutisüsteemide projekteerimine**
- nimetus inglise keeles: **Dependable Computing Systems Design**
- juhi nimi, ametikoht ja allüksus: Jaan Raik, professor, arvutitehnika instituut
- liikmed (nimi, ametikoht ja allüksus; täpsustatakse, kas on doktorant, magistrant):
  - o Igor Aleksejev, teadur, arvutitehnika instituut
  - o Marina Brik, teadur, arvutitehnika instituut
  - o Sergei Devadze, teadur, arvutitehnika instituut
  - o Peeter Ellervee, professor, arvutitehnika instituut
  - o Maksim Gorev, nooremteadur, arvutitehnika instituut
  - o Vineeth Govind, teadur, arvutitehnika instituut
  - o Thomas Hollstein, professor, arvutitehnika instituut
  - o Karl Janson, nooremteadur, arvutitehnika instituut, doktorant
  - o Artjom Jasnetski arvutitehnika instituut, doktorant
  - o Maksim Jenihhin, vanemteadur, arvutitehnika instituut
  - o Gert Jervan, professor, arvutitehnika instituut
  - o Artur Jutman, vanemteadur, arvutitehnika instituut
  - o Lembit Jürimägi, lektor, arvutitehnika instituut, doktorant
  - o Anton Karputkin, teadur, arvutitehnika instituut
  - o Sergei Kostin, teadur, arvutitehnika instituut
  - o Margus Kruus, dotsent, arvutitehnika instituut
  - o Jaak Kõusaar, arvutitehnika instituut, doktorant
  - o Mairo Leier, nooremteadur, arvutitehnika instituut, doktorant
  - o Dmitri Mihhailov, teadur, arvutitehnika instituut
  - o Behrad Niazmand, nooremteadur, arvutitehnika instituut, doktorant
  - o Elmet Orasson, teadur, arvutitehnika instituut
  - o Stephen Oyenan Adeboye, doktorant, arvutitehnika instituut
  - o Siavoosh Payandeh Azad, nooremteadur, arvutitehnika instituut, doktorant
  - o Uljana Reinsalu, teadur, arvutitehnika instituut
  - o Artjom Rjabov, nooremteadur, arvutitehnika instituut, doktorant
  - o Priit Ruberg, nooremteadur, arvutitehnika instituut, doktorant
  - o Aleksander Sudnitsõn, dotsent, arvutitehnika instituut
  - o Kalle Tammemäe, professor, arvutitehnika instituut
  - o Anton Tšertov, teadur, arvutitehnika instituut
  - o Raimund Ubar, professor, arvutitehnika instituut

#### **- teadustöö ülevaade**

- **teadustöö lühikirjeldus (eesti ja inglise keeles)**

Viimasel dekaadil on elektroonikasüsteemide tehnoloogiline areng teinud väga kiire hüppe, mis on käivitanud uued paradigmad süsteemide projekteerimises, nagu kiipvõrgud, multi-tuumalised süsteemid, paralleelarvutus. Uute paradigmatel seoses ja silmas pidades ühiskonna kasvavat sõltuvust tehnilistest süsteemidest on üha olulisemaks muutunud niisugused süsteemide omadused nagu töökindlus ja usaldatavus.

Vastavuses ülal loetletud tehnoloogia arengutendentsidega viib uurimisrühm läbi teadus- ja arendustööd uute meetodite väljatöötamiseks niisugustes valdkondades nagu digitaalsüsteemide

verifitseerimine ja test ning süsteemide usaldatavus. Uurimistöö eesmärkideks on luua uute paradigmadega kooskõlas niisugusi projekteerimismeetodeid, mis tagaksid süsteemide kõrget kvaliteeti, suurt projekteerimisjõudlust, süsteemide töökiiruse kasvu, energiatarbe vähenemist, verifitseerimise ja testimise kvaliteedi kasvu ning kõrget süsteemide töökindlust ja usaldatavust kogu nende eluperioodi vältel.

Uurimisrühma tähtsaimad T&A tulemused on saadud niisugustel teemadel nagu süsteemide diagnostiline modelleerimine, rikete simuleerimine, verifitseerimine, automaatne disainivigade diagnoos, automaatne testprogrammide süntees, kõrgjõudlusega testimisinstrumentarium ja rikete vältimise tagamine süsteemide töös.

Eksperimentaaluuringu läbiviimiseks kasutatakse samasuguseid professionaalseid tarkvaratööriistu nagu maailma tipptööstuseski, milliste litsentsid on saadud tänu kuulumisele rahvusvahelisse eliitlikoolide assotsiatsiooni EUROPRACTICE. Lisaks kasutatakse laboris endas väljatöötatud tarkvarakeskkonda ja testimisvahendeid, mis on loodud tihedas koostöös spin-off ettevõttega Testonica Lab.

Viimase 4 aasta jooksul on uurimisrühmas kaitstud 11 doktoritööd. Viimase 15 aasta jooksul on aga osaletud 15 euroopa projektis. Käesoleval ajal koordineerib uurimisrühm uut H2020 projekti IMMORTAL ja on partneriks FP7 projektis BASTION, mille koordinaatoriks on aga uurimisrühmast endast välja kasvanud spin-off firma Testonica Lab. Uurimisrühm oli juhtivaks partneriks Eesti teadustippkeskuses CEBE aastatel 2008-2015.

Aastal 2015 uurimisrühm publitseeris 49 eel-retsenseeritud artiklit tippajakirjades (s.h. 6 artiklit, ETIS 1.1) ja konverentsikogumikes (s.h. 32 täisartiklit, ETIS 3.1).

During the last decade the evolution of electronic systems has made a major leap and introduced new design paradigms like network-on-chips, multi- and many-core systems, ubiquitous and massively parallel computing, resulting in increasing dependency of society on electronics and hence, in increasing role of the reliability, testability and dependability of modern electronic systems.

The research group is conducting investigations and development of new methods in the fields of design verification, test, and dependability of digital systems and their components in line with International Technology Roadmap for Semiconductors. The research is targeting important quality factors like time-to-market, power consumption and speed of systems in design, performance and quality in verification and test, as well as fault tolerance and dependability of systems during their life-time.

The most important R&D results have been achieved in specific topics of diagnostic modeling of systems, fault simulation, verification, automated design error diagnosis and debugging, test generation, high-performance embedded test instrumentation and system-wide fault management for failure resilience.

To support the research tasks, the department has EUROPRACTICE licenses for EDA tools from the major EDA vendors installed for experimental investigations. In addition, several in-house developed and open-source research frameworks are available. The department has testers for boards and innovative instrument equipment developed by spin-off Testonica Lab in a close cooperation with department.

During the last four years, 11 PhD students have defended their theses. During the last 15 years the group has participated in 15 EU-level collaborative research projects that have provided relevant topics for PhD thesis projects. Currently the research group coordinates the new H2020 project IMMORTAL and is a partner in the FP7 project BASTION. The group was the leading partner of the Estonian research excellence centre CEBE which finished in 2015.

During 2015, the research group has published 49 peer-reviewed papers in the reputed journals (6 papers, ETIS 1.1) and conferences (32 papers ETIS 3.1).

- **aruandeaastal saadud kõige olulisemad teadustulemused (eesti ja inglise keeles)**
  - Töötati välja uus digitaalsüsteemide isetestimise metodoloogia, kus erinevalt traditsioonilistest meetoditest ei ole vaja kasutada testide genererimiseks lisa-aparatuuri, ja

kus ei avaldata mingit mõju süsteemi töökiirusele. Uus meetod tagab paremad võimalused süsteemi testimiseks dünaamikas ja garanteerib seega ka kõrgema testimise kvaliteedi. Lisaks on viidud miinimumi nn. negatiivne “ületestamise” effect, mis on üheks oluliseks traditsiooniliste meetodite puuduseks. Uus meetod on juurutatud tippkeskuses CEBE väljatöötatud biosignaali analüsaatori testimisel, demonstreerides oodatud paremust võrreldes kasutusel olevate tavameetoditega.

- Töötati välja uus viiterikete simuleerimise meetod digitaalsüsteemide dünaamika omaduste testimise kvaliteedi määramiseks. Meetodi uudsuseks on digitaalskeemide viidete rikkemudeli edasiarendus, kus traditsioonilise kolmest rikketüübist koosnevale viiterikete klassile lisati juurde veel neljas tüüp, mille kasutamine võimaldab märgatavalt tõsta rikete simuleerimise täpsust. Uue laiendatud rikete klassi simuleerimiseks töötati välja nn. 7-väärtuseline algebra, mis võimaldab tõsta simuleerimise kiirust.
- Töötati välja uus staatiliste rikete nn. konstantrikete ülikiire simuleerimise meetod. Uudsuseks on esmakordne simuleerimise läbiviimine kolmes paralleelsuse (üheaegsuse) dimensioonis: testvektorite paralleelne analüüs, rikete üheaegne analüüs ja mitmetuumalise protsessori riistvara ressursside üheaegne kasutamine analüüsitava mudeli eri osade üheaegseks töötlemiseks. Seni tuntud meetodites on suudetud rakendada üksnes kuni kahedimensionaalset paralleelsust. Uudne meetod võimaldab tõsta rikete simuleerimiskiirust terve suurusjärgu, võrreldes tuntud lahendustega. Oma osa simuleerimiskiiruse tõstmisel andis ka uurimiserühma poolt välja töötatud uudse otsustusdiagrammidel põhineva skeemimudeli rakendamine simuleerimisel traditsioonilise ventiilmudeli asemel.
- On välja arendatud uudne hierarhiline mudel elektroonikaskeemide tehnoloogilise vananemise analüüsiks, mis võimaldab tõsta analüüsi kiirust mitme suurusjärgu ulatuses. Mudel võimaldab identifitseerida vananemise suhtes kriitilisi piirkondi nanoelektronika integraalskeemides. Mudel on välja töötatud tihedas koostöös ülikooliga PUCRS Brasiilias ja Toriino Tehnikaülikooliga Itaalias europrojekti FP7-BASTION raames.
- A new methodology was elaborated for Built-In Self-Test (BIST) of digital systems, where contrary to the traditional scan-path based Logic BIST, the new solutions for test generation do not need any additional hardware, and will not have any impact on the working performance of the system. A class of digital systems organized as pipe-lined signal processing architectures is targeted. The on-line generated signal data used for processing in the system serve as test pattern sources. Testing under normal working conditions and with typically processed data, allows exercising of the system on-line and at-speed, facilitating the detection of dynamic faults like delays and cross-talks to achieve high test quality. The proposed new self-test method is free from the negative aspect of over-testing, compared to the traditional Logic BIST approaches, and uses minimal amount of added hardware. Experimental research was based on the case study of specialized bio-signal processor architecture. The experiments showed promising results in reducing the cost of testing and achieving high fault coverage.
- A new method was developed for simulating of Transition Delay Faults (TDF) based on the parallel exact critical path tracing for Stuck-at Fault (SAF) analysis and subsequent TDF reasoning. A method is proposed to extend the TDF model, traditionally considered as a class of robustly tested delay faults, to a class of TDFs with extended detection conditions. Three known fault classes of delay fault sensitization are considered: robust, non-robust and functional sensitization of delay faults. Additionally, a new fourth fault class is introduced, called non-robust functionally sensitized delay fault. A novel fault analysis algorithm based on 7-valued algebra is presented, which delivers the fault coverage for all mentioned four types of TDFs.
- A novel fault simulation method is proposed, based on exact critical path tracing beyond the Fan-out-Free Regions (FFR) throughout the full simulated circuit. The method exploits three types of parallelism: bit-level parallelism for multiple pattern reasoning, parallelism in fault reasoning, and distribution the fault reasoning process between different cores in a multi-core processor environment. To increase the speed and accuracy of fault simulation, compared



with previous methods, a mixed level fault reasoning approach is developed, where the fan-out re-convergence is handled on the higher FFR network level, and the fault simulation inside of FFRs relies on the gate-level information. To allow a uniform and seamless fault reasoning, Structurally Synthesized BDDs (SSBDD) are used for both level modeling. Experimental research demonstrated very promising results in increasing the speed and scalability of the method.

- A novel hierarchical model for the negative bias temperature instability (NBTI) ageing effects was proposed. The model incorporates transistor stacking effect in basic logic gates and manufacturing process variations. Its application for identification of ageing-critical areas in today's nanoscale integrated circuits provides for several orders of magnitude speed-up in the corresponding analysis. This research is performed in collaboration with researchers from the PUCRS university, Brazil and integrated into the innovative methodology for nanoelectronics rejuvenation with evolutionary generated stimuli (cooperation with Politecnico di Torino, Italy in frames of the FP7-BASTION project).

#### **- koostöö teiste TA asutuste ja ettevõtetega (sh välisriikidest)**

##### Eestis

- Testonica Lab, Tallinn – ühisprojektid, ühispublikatsioonid
- Tartu Ülikool – ühisprojekt HORIZON 2020 TEAMING EE-IT

##### Välismaal

1. Brandenburgi Tehnikaülikool, Cottbus, Saksamaa - ühisprojektid DCPS ja Erasmus+ COMPASS, ühispublikatsioonid
2. University of Potsdam, Potsdam, Saksamaa – ühispublikatsioon
3. Libereci Tehnikaülikool, Liberec, Tšehhi Vabariik – ühispublikatsioon
4. Aster Technologies, Prantsusmaa – ühisprojekt FP7: BASTION
5. Lundi Ülikool, Rootsi – ühisprojekt FP7: BASTION
6. Torino Tehnikaülikool, Itaalia – ühisprojektid FP7: BASTION, HORIZON 2020 TUTORIAL
7. Twente Ülikool, Holland – ühisprojekt FP7: BASTION
8. Hamm-Lippstadt University of Applied Sciences, Saksamaa – ühisprojekt FP7: BASTION
9. Infineon, Saksamaa – ühisprojekt FP7: BASTION
10. IBM Haifa, Iisrael – ühisprojekt HORIZON 2020: IMMORTAL
11. Recore Systems - ühisprojekt HORIZON 2020: IMMORTAL
12. German Aerospace Center DLR, Saksamaa – ühisprojektid HORIZON 2020: IMMORTAL, HORIZON 2020 TUTORIAL
13. TU Graz, Austria – ühisprojekt HORIZON 2020: IMMORTAL
14. Twente University, Holland – ühisprojekt HORIZON 2020: IMMORTAL
15. Aveiro Ülikool, Portugal – ühispublikatsioonid
16. TU Darmstadt, Saksamaa – õppetöö alane koostöö
17. PUCRS, Porto Alegre, Brasiilia – ühispublikatsioonid
18. Holon Institute of Technology, Iisrael – ühisuuring
19. KhAI Kharkov, Ukraina – ühisprojekt
20. TU Delft, Holland – ühisprojektid HORIZON 2020 TUTORIAL ja Erasmus+ COMPASS
21. ISPRAS Moskva – ühisuuring
22. Edinburghi Ülikool, ühendkuningriik – ühisprojekt HORIZON 2020 TEAMING EE-IT
23. KTH, Stockholm, Rootsi - ühispublikatsioonid
24. Turku University, Soome - ühispublikatsioonid
25. IIT Delhi, India - ühispublikatsioon
26. TEIA, Ateena, Kreeka - ühisprojekt Erasmus+ COMPASS
27. Universite de Montpellier, Prantsusmaa - ühisprojekt Erasmus+ COMPASS
28. C.I.N.I., Itaalia - ühisprojekt Erasmus+ COMPASS
29. Poznan University of Technology, Poola, ühisprojekt

- 30. Silesian University of Technology, Poola, ühisprojekt
- 31. Bosch Sensortec, R&D leping
- 32. University of York, ühisprojekt FP7 SALEIE

- **kuni 3 olulisemat aruandeaastal ilmunud artiklit** (ETIS klassifikaatori alusel 1.1, erandjuhul 3.1). Eraldi tuuakse välja monograafiad (ETIS klassifikaatori alusel 2.1). Publikatsioonid peavad olema kajastatud ETIS-es.

1. Maksim Gorev, Raimund Ubar, Peeter Ellervee, Sergei Devadze, Jaan Raik, Mart Min. Functional Self-Test of High-Performance Pipe-Lined Signal Processing Architectures. Elsevier J. of Microprocessors and Microsystems – MICPRO. Volume 39 (2015), Issue 8, pp. 909-918.
  2. R.Ubar, J.Kõusaar, Sergei Devadze, Jaan Raik. Transition Delay Fault Simulation with Parallel Critical Path Back-Tracing and 7-valued Algebra. Elsevier J. of Microprocessors and Microsystems – MICPRO. Volume 39 (2015), Issue 8, pp. 1130–1138.
  3. Jafri, S.M.A.H.; Tajammul, M.A.; Hemani, A.; Paul, K.; Tenhunen, H.; Plosila, J.; Ellervee, P. (2015). Polymorphic Configuration Architecture for CGRAs. IEEE Transactions on Very Large Scale Integration (VLSI) Systems, PP (99), 1–5, 10.1109/TVLSI.2015.2402392.
- The full list of publications of the lab includes **49 papers** (incl. 1.1 – 6 papers, 3.1 – 32 papers)

#### Uurimisrühm 4

- nimetus eesti keeles: **Automaatikainstituut, automaatjuhtimise teaduslaboratoorium**
- nimetus inglise keeles: **Control Systems Research Laboratory**
- juhi nimi, ametikoht ja allüksus: Eduard Petlenkov, dotsent, automaatikainstituut, automaatjuhtimise teaduslaboratoorium
- liikmed (nimi, ametikoht ja allüksus; täpsustatakse, kas on doktorant, magistrant):
  - o Aleksei Tepljakov, teadur, automaatjuhtimise teaduslaboratoorium
  - o Kristina Vassiljeva, dotsent, automaatjuhtimise teaduslaboratoorium
  - o Juri Belikov, dotsent, automaatjuhtimise teaduslaboratoorium (alates septembrist 2015 järel doktorantuuris Iisraelis, Technion Ülikoolis)

#### - **teadustöö ülevaade**

Iga päevaga kasvab selliste praktiliste rakenduste arv, kus on vaja juhtida keerulisi mittelineaarsete süsteeme ja protsesse, mida ei saa esitada klassikaliste mudelite abil (või see läheb liiga keeruliseks). Nendes rakendustes tekib vajadus targemate algoritmide järele, mis ühendaksid klassikaliste ja tehisintellektil põhinevate meetodite eeliseid. Viimastel aastakümnetel on oluliselt kasvanud vajadus automaatika süsteemide järele nn elukriitilistes rakendustes, mis olulisel määral tõstab juhtimissüsteemide kvaliteedinõudeid. See tähendab, et kasvab vajadus konkreetsetele rakendustele orienteeritud väga keeruliste mitmemõõtmeliste mittelineaarsete süsteemide mudelite järele. Need mudelid peavad olema täpsed ja nii lihtsad kui võimalik, et neid saaks kasutada juhtimiseks reaalse maailma rakendustes. Lahenduseks on klassikaliste tööstuskontrollerite integreerimiseks teadmispõhiste meetoditega. Automaatjuhtimise valdkonnas on käesolevaks ajaks välja kujunenud olukord, kus lineaarsete mudelite põhised meetodid ei kindlusta kõrgtehnoloogiates nõutud tehnoloogiliste protsesside ja seadmete juhtimise kvaliteedinäitajaid. Samal ajal lineaarsete mudelite põhised meetodid on suhteliselt lihtsad ja töökindlad. Süsteemide stabiilsus on garanteeritav. Peamiseks kvaliteedi tõstmist pidurdavaks faktoriks on klassikaliste dünaamiliste mudelite piirangud: näiteks tuletiste täisarvulised järgud. Reaalsete protsesside täpsemaks kirjeldamiseks on välja pakutud murrulistel tuletistel põhinevad mudelid. Automaatjuhtimise teaduslaboratooriumis läbiviidud katsed reaalse objektidega näitasid, et isegi lihtsamate objektide puhul murrulistel tuletistel põhineva lähenemise kasutamine annab märkimisväärse edusammu juhtimise kvaliteedis ja kiiruses. Keerulisemate süsteemide puhul viib see meetod olulisele kvaliteedi tõusule. Tänapäeval murrulistel tuletistel põhiste juhtimismeetodite rakendamise põhiprobleemideks on: esiteks – mudelite identifitseerimise ja analüüsimise keerukus ja töömahukus, teiseks –

niisugustel mudelitel põhinevate regulaatorite häälestamise keerukus ja korraliku häälestamise meetodi puudumine. Esimese probleemi lahendamiseks töötame välja rakenduspaketti FOMCON (<http://fomcon.net/>). Teise probleemi lahendamiseks töötame välja murruliste tuletiste põhise regulaatori isehäälestumise algoritmi, mida realiseerime tarkvaraliselt rakenduspaketis FOMCON. Töötame välja ka unikaalse murrulistel tuletistel põhineva regulaatori riistvaralist prototüübi.

Tehisintellekti meetodeid rakendame ka suurte andmete analüüsiks. Koostöös ERGO Insurance SE-ga töötame välja tehisinärvivõrkudel ja geneetilistel algoritmidel põhineva klientide klassifitseerimise ja riskigruppide määramise süsteemi liikluskindlustuse jaoks.

- **teadustöö lühikirjeldus (eesti ja inglise keeles)**

Uurimisrühma põhitegevuseks on arukate juhtimismeetodite loomine “Tööstus 4.0” (“Industry 4.0”) kontekstis. Meie uurimistöö on suunatud klassikaliste tööstuskontrollerite integreerimisele teadmispõhiste meetoditega. Uurimisrühmas uuritakse klassikaliste tööstuskontrollerite integreerimise võimalusi teadmispõhiste meetoditega eesmärgiga töötada välja rakendustarkvara kõrgtehnoloogiliste meetodite kiiremaks kasutusele võtmiseks tööstuses. Uurimistöö käsitleb:

- katseandmete analüüsi;
- tehisinärvivõrkudel ja geneetilistel algoritmidel põhinevat modelleerimist;
- keeruliste mittelineaarsete süsteemide juhtimist;
- murrulistel tuletistel põhinevaid meetodeid.

The research efforts have been directed towards achieving the foundations for developing intelligent Industry 4.0 applications. One of the most important open issues for the future research in the field of industrial automation lies in the combination of classical industrial controllers with knowledge based reasoning. The aim of our research is to develop a basis for application of advanced control techniques in the industry. Our main research directions include:

- experimental data analysis;
- neural networks and genetic algorithms based modeling;
- control of complex nonlinear systems;
- fractional order modeling and controller design.

- **aruandeaastal saadud kõige olulisemad teadustulemused (eesti ja inglise keeles)**

- On välja töötatud FOPID regulaatorite isehäälestuse algoritm;
  - on valmis saanud FOPID kontrolleri riistvaralise realisatsiooni prototüüp;
  - on välja töötatud uus meetod murrulistel tuletistel põhineva regulaatori lisamiseks olemasolevasse juhtimissüsteemisse juhtimise kvaliteedi parandamiseks;
  - murrulistel tuletistel põhinev meetod on rakendatud IPMC (Ionic Polymer Metal Composite) täiturseadmete modelleerimiseks ja juhtimiseks (on ettevalmistamisel artikkel avaldamiseks 2016. aastal);
  - NN-SANARX struktuuriga tehisinärvivõrk on rakendatud vedeliku nivoo juhtimiseks mitmepaagi süsteemis;
  - on välja töötatud süsteem vedeliku nivoo visuaalseks tuvastamiseks;
  - on välja töötatud visuaalsel tagasisidel põhinev vedeliku nivoo juhtimise süsteem;
  - liikluskindlustuse statistika andmete töötlemine ja tehisinärvivõrkudega.
- 
- A method for self turning of FOPID controllers is developed;
  - a first prototype of FOPID controller hardware implementation is ready;
  - a novel method for incorporating fractional-order dynamics in an existing control system is developed;
  - Fractional Calculus based technique is applied to modelling and control of Ionic Polymer-Metal Composite Actuators (results are ready for publication in 2016);
  - a neural network with a specific restricted connectivity structure (NN-SANARX) is applied for identification and control of a multi tank liquid-level system;

- a system for visual recognition of liquid level is developed;
- an algorithm for visual feedback based control is developed.
- Analysis and processing of the motor insurance data; representation of data in a form suitable for processing with artificial neural networks.

- **koostöö teiste TA asutuste ja ettevõtete (sh välisriikidest)**

IPMC materjali modelleerimine ja juhtimine:

- Tartu Ülikool, Tehnoloogiainstituut - Intelligent Materials and Systems Laboratory (prof. Alvo Aabloo, Andres Punning, Veiko Vunder)

Murrulistel tuletistel põhinev dünaamiliste süsteemide identifitseerimine ja juhtimine:

- De La Salle University, Filipiinid (Dr. Emmanuel A. Gonzalez)
- Jardine Schindler Group
- University Carlos III of Madrid, Hispaania (Prof. Concepción A. Monje)
- Institute of Control and Informatization of Production Processes, Faculty BERG, Technical University of Košice, Slovakkia (Dr. Ivo Petraš)

Soojus- ja elektrienergia toomisprotsessi modelleerimine ja juhtimine:

- Eesti Energia Iru Soojuselektrijaam (Anatoli Petrov, Aleksandr Guljajev)
- Valmet Automation OY (Vitali Vansovitš, Konstantin Raimla)
- ÄF-Automaatika (Octavio Pozo Garcia)

Tehisintellekti meetoditel põhinev andmetöötlus:

- ERGO Insurance SE (Andres Konsap, Kaido Naarits, Raine Talvet)

- **kuni 3 olulisemat aruandeaastal ilmunud artiklit** (ETIS klassifikaatori alusel 1.1, erandjuhul 3.1). Eraldi tuuakse välja monograafiad (ETIS klassifikaatori alusel 2.1). Publikatsioonid peavad olema kajastatud ETIS-es.

Klassifikaator 1.1

1. Tepljakov, Aleksei; Gonzalez, Emmanuel A.; Petlenkov, Eduard; Belikov, Juri; Monje, Concepción A.; Petraš, Ivo (2015). Incorporation of fractional-order dynamics into an existing PI/PID DC motor control loop. ISA Transactions, 1–12, [10.1016/j.isatra.2015.11.012](https://doi.org/10.1016/j.isatra.2015.11.012) (ETIS 1.1)
2. Belikov, Juri; Petlenkov, Eduard (2015). NN-SANARX model based control of a multi tank liquid-level system. International Journal of Computational Intelligence Systems, 8 (2), 265–277. (ETIS 1.1)

Klassifikaator 3.1

3. Vassiljeva, K.; Tepljakov, A.; Petlenkov, E. (2015). NN-ANARX Model based Control of Liquid Level using Visual Feedback. IEEE International Conference on Industrial Informatics [INDIN'15]: 22-24 July 2015, Cambridge, UK. (ETIS 3.1)

Patentne leiutis:

P201400045 Virtuaalne ühendatud anumate süsteem; Omanikud: Tallinna Tehnikaülikool; Autorid: Aleksei Tepljakov, Eduard Petlenkov, Juri Belikov;

**Uurimisrühm 5**

- nimetus eesti keeles: **Automaatikainstituut, sidude ja õpprotsesside inseneering**
- nimetus inglise keeles: **Engineering of Circuits and Learning**
- juhi nimi, ametikoht ja allüksus: Vello Kukk, professor, automaatikainstituut, siduteooria ja –disaini õppetool
- liikmed (nimi, ametikoht ja allüksus; täpsustatakse, kas on doktorant, magistrant):
  - Andres Udal, vanemteadur, siduteooria ja -disaini õppetool
  - Kadri Umbleja, assistent (doktorant), siduteooria ja -disaini õppetool
  - Martin Jaanus, dotsent, siduteooria ja –disaini õppetool
  - Thomas Tasuja, doktorant

- **teadustöö ülevaade:**

• **teadustöö lühikirjeldus (eesti ja inglise keeles)**

Teadustöö suunad 2015. aastal: instrumentaalsed uuringud ning disain ning õppeprotsesside analüüs, juhtimine ning arendus.

1. Elektroonsete seadmete disain erinevatel rakendustele
  - Koostöös TÜ keemia instituudiga: narkootiliste ainete ja keemiarelvade detektorite väljatöötamine.
  - Häälkäskluste detektorid – eestikeelsete sõnade tuvastamine
  - Koostöös TÜ Virumaa Kolledžiga loodud komplekt uusi laborikitte, sh uued komponendid.
2. Disain ja arendus õppimise inseneeringus
  - Õppija oleku visualiseerimine: töö tulemusena on laiendatud õppija jooksva staatuse esitlusvorme – 4 erinevat formaati.
  - Robotika töötubade arendus: loodud töötoad erinevatele vanuserühmadele.
  - Algoritm histogrammidena antud suurte andmekogumite töötlemine klassifitseerimise (klasterdamikse eesmärgil). Algoritmi katsetused ka kogutud kompetentsipõhiste õpingute andmetel näitasid, algoritm on töökindel õppijate klassifitseerimisel.
  - Loodi aine õppimise 'lisaväärtusmudel' (value-added-mode), mis võimaldab juhtida väga erineva tagapõhjaga tudengite õppimist, saavutamaks lisandunud oskusi.

Directions of the R&D in 2015

1. Design and development electronic instrumentation in several practical areas in cooperation with other institutions:
  - Development of detectors for chemical weapons and narcotics.
  - Development of detectors for processing voice commands (words in Estonian)
  - Development of new HomeLabKits in cooperation with Virumaa College, TUT)
2. Design and development in engineering of learning
  - Visualization of status of learner: real-time views in competence-based learning.
  - Development of robotics workshops for different ages.
  - Algorithm for analysis of big data through histograms. Application of algorithm for analysis of learning data and extracting learners' characteristics.
  - Development of 'value-added mode' for learning the same field by students with very different background.

• **aruandeaastal saadud kõige olulisemad teadustulemused (eesti ja inglise keeles)**

- Uued detektorid keemiarelvade ning narkootikumide testimiseks (tundlikkus kuni 1µ/l).
- Häälkäskluste detektor
- Õpiprotsessi jooksva analüüsi ning klasterdamise algoritm ning lisaväärtus-mudel erineva tagapõhjaga õpiprotsessi juhtimiseks.

The best results in 2015

- New detectors for chemical weapons and narcotics.
- Detector of voice commands

Algorithm for real-time analysis of learning process, clustering learners and value-added mode for learning control of highly varying learners.

- **koostöö teiste TA asutuste ja ettevõtetega (sh välisriikidest)**

- Tokyo Denki University, College of Science and Engineering.
- Doktorant Kadri Umbleja töötas 4 kuud professor Manabu Ichino juures
- TTU Keemiainstituut uued detektorid
- OÜ Finetrek - häälkäsklused
- THE Systems - elektrisõidukid

- TTÜ Virumaa Kolledž – uued laborikitid
- University of Hagen, Saksamaa – kompetentsid õpiprotsessides
- Universität St.Gallen (HSG) – õppija oskuste detekteerimine
- OÜ Decto (Bluetooth IoT sensortehnoloogia)
- COST IC1401 ja COST IC1208 - EL ICT-valdkonna projektid
- COST MP1204, COST MP1403, COST BM1205 - EL füüsika ja biomeditsiini projektid
- TTÜ Tehnomeedikum – optoelektronika ja integraaloptika õppekeskkonna arendus
- Oulu Ülikool – optoelektronika ja mõõtekursuse õppekeskkondade arendus

- **kuni 3 olulisemat aruandeaastal ilmunud artiklit** (ETIS klassifikaatori alusel 1.1, erandjuhul 3.1). Eraldi tuuakse välja monograafiad (ETIS klassifikaatori alusel 2.1). Publikatsioonid peavad olema kajastatud ETIS-es.

#### Klassifikaator 1.1

1. Gorbatsova,J.; Jaanus,M.; Vaher,M.; Kaljurand,M. (2015) Digital microfluidics platform for interfacing solid–liquid extraction column with portable capillary electropherograph for analysis of soil amino acids. ELECTROPHORESIS, Volume 37, Issue 3, February 2016, Pages: 472–475 (online 26 OCT 2015, DOI: 10.1002/elps.201500284)

#### Klassifikaator 3.1

2. Umbleja, K. (2015). Students' grading control and visualization in competence based learning approach. In: Proceedings of 2015 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON): IEEE Educon 2015, 18-20 March 2015, Tallinn University of Technology, Tallinn, Estonia. IEEE Conference Publications, 287-296.
3. Kukk, V.; Umbleja, K.; Jaanus, M. (2015). Two-Dimensional Knowledge Model for Learning Control and Competence Mapping. In: Learning Technology for Education in Cloud: 4th International Workshop, LTEC2015, Maribor, Slovenia, August 24-28, 2015. Ed. L. Uden, D. Liberona, T. Welzer. Springer International Publishing, 16-27. (Communications in Computer and Information Science; 533).

### Uurimisrühm 6

- nimetus eesti keeles: **Automaatikainstituut, Proaktiivtehnoloogiate teaduslaboratoorium (ProLab)**
- nimetus inglise keeles: **Research Laboratory for Proactive Technologies (ProLab)**
- juhi nimi, ametikoht ja allüksus: Jürge-Sören Preden, vanemteadur, automaatikainstituut, Proaktiivtehnoloogiate teaduslaboratoorium
- liikmed (nimi, ametikoht ja allüksus; täpsustatakse, kas on doktorant, magistrant):
  - Leo Mõtus, professor, Proaktiivtehnoloogiate teaduslaboratoorium
  - Taivo Kangilaski, vanemteadur, Proaktiivtehnoloogiate teaduslaboratoorium
  - Merik Meriste, vanemteadur, Proaktiivtehnoloogiate teaduslaboratoorium
  - Kalev Rannat, vanemteadur, Proaktiivtehnoloogiate teaduslaboratoorium
  - Andri Riid, vanemteadur, Proaktiivtehnoloogiate teaduslaboratoorium
  - Raul Savimaa, vanemteadur, Proaktiivtehnoloogiate teaduslaboratoorium
  - Tõnu Näks, teadur, Proaktiivtehnoloogiate teaduslaboratoorium
  - Sergei Astapov, insener (doktorant), Proaktiivtehnoloogiate teaduslaboratoorium
  - Johannes Ehala, insener (doktorant), Proaktiivtehnoloogiate teaduslaboratoorium
  - Jaanus Kaugerand, insener (doktorant), Proaktiivtehnoloogiate teaduslaboratoorium
  - Raido Pahtma, insener (doktorant), Proaktiivtehnoloogiate teaduslaboratoorium
  - Timo Tomson, insener, Proaktiivtehnoloogiate teaduslaboratoorium
  - Erki Suurjaak, insener, Proaktiivtehnoloogiate teaduslaboratoorium
  - Tago Sarapuu, vanemteadur, Proaktiivtehnoloogiate teaduslaboratoorium
  - Mati Somp, insener, Proaktiivtehnoloogiate teaduslaboratoorium

- **teadustöö ülevaade**

- **teadustöö lühikirjeldus (eesti ja inglise keeles)**

Proaktiivtehnoloogiate teaduslabori uurimistöö fookuses on KüberFüüsikalised Süsteemid (KFS) muutavas keskkonnas. Uurimistöö saab jaotada järgmistesse alamteemadesse:

- KFS modelleerimine
- KFS arhitektuurid
- Andmetöötlus taju saavutamiseks

Kõikides nimetatud suundades tehakse töid teoreetiliste aluste arendamisel, rakendades saadud tulemusi praktilistes projektides. Kuna KüberFüüsikalised Süsteemid on Süsteemide Süsteemid, mis suhtlevad ka keskkonnaga, siis ei ole klassikalised algoritmilised mudelid sobilikud selliste süsteemide formaalseks kirjeldamiseks. KFS modelleerimise fookus on interaktiivsetel arvutusmudelitel, mis võimaldavad kirjeldada käitumist, mis tekib KFS komponentide interaktsioonide tulemusel.

Põhinedes KFS modelleerimise tulemustele on ProLab arendanud KFS arhitektuuri, mida on rakendatud teenusepõhises vahevaras ProWare. ProWare on kasutatud KFS kommunikatsioonikihina nii uurimisprojektides kui ka kommertsrakendustes. ProWare arendus on läbinud mitu iteratsiooni ning on tänaseks jõudnud sellisele küpsuse tasemele, et seda saab töökindlalt rakendada alustehnoloogiana KFS süsteemide loomisel.

Andmetöötluse vallas on ProLab töö keskendunud andmete töötlemisele ja sünteesile, mis on vajalik olukorradeadlikkuse saavutamiseks nii üksikutes KFS komponentides kui ka KFS-s tervikuna. ProLab on saavutanud häid tulemusi hägusa klassifitseerimise meetodite ja algoritmide arendamisel, mida saab rakendada muustrite tuvastamiseks ja klassifitseerimiseks eri tüüpi andmete puhul. ProLab on arendanud ka meetodeid akustilise jälgimise ja klassifitseerimise jaoks kasutades mikrofonide massiive. Välja töötatud meetodeid on valideeritud labori keskkonnas ning rakendatud edukalt kaitsevaldkonna rakendustes.

ProLabi erinevate uurimisteede tulemused kombineeritakse funktsionaalseks KFS, kus üksikud arvutid tegelevad andmehõive- ja töötlemisega ning kus kogutud andmed sünteesitakse, saavutamaks olukorradeadlikkuse taset, mis on antud süsteemi jaoks sobiv. Üks valdkondi, kus ProLabi tulemusi on läbi aastate edukalt rakendatud on kaitsevaldkonna Intelligence, Surveillance and Reconnaissance (ISR) süsteemid, kus sensorid moodustavad Süsteemide Süsteemi, tagamaks süsteemi kasutavatele inimestele ja masinatele vajaliku olukorradeadlikkuse taseme.

The main research topic of the Research Laboratory for Proactive Technologies is Cyber-Physical Systems (CPS) in changing environments.

The research can be partitioned to the following subtopics:

- Modelling of CPS
- Architectures for CPS
- Data processing for cognition

In all the subtopics research is conducted on the theoretical foundations, while applying the results in practical projects. As the CPS systems are Systems of Systems, which interact with the physical world, the algorithmic models of computation do not suffice for describing these systems formally. In modelling of CPS the main focus is on interactive models of computation, which enable describing the behaviour emerging from the interactions of CPS components.

Building upon the results of modelling of CPS, ProLab has developed a CPS architecture, which has been applied in a service based middleware called ProWare, which has been used in research projects as well as in commercial projects. ProWare development has undergone several iterations and the software has reached a level of maturity, where it can be applied reliably as the underlying technology for creating and deploying CPS systems.

In the data processing domain the work is focused on data processing and fusion required for achieving situation awareness in individual CPS components and the CPS as a whole. Substantial progress has been made in developing methods and algorithms for fuzzy classification, which can be applied for pattern matching and classifying various types of data. ProLab has also developed methods for acoustic tracking and classification using networked microphone arrays. These methods have been validated in lab environment and applied successfully in defense related applications in the field.

The results of the research subtopics are combined into functioning CPS, where individual computing nodes perform data acquisition and processing tasks and where the collected data is fused to achieve a level of situation awareness adequate for the given system. One of the areas, where the research results of ProLab have been successfully applied over the years has been military Intelligence, Surveillance and Reconnaissance (ISR) systems, where a set of sensor systems is combined into a System of Systems to provide the humans and machines with situation awareness.

- **aruandeaastal saadud kõige olulisemad teadustulemused (eesti ja inglise keeles)**

Proaktiivtehnoloogiate teaduslabori uurimistöö fookuses on KüberFüüsikalised Süsteemid (KFS) muutavas keskkonnas. Uurimistöö saab jaotada järgmistesse alamteemadesse:

- KFS modelleerimine
- KFS arhitektuurid
- Andmetöötlus taju saavutamiseks

Kõikides nimetatud suundades tehakse töid teoreetiliste aluste arendamisel, rakendades saadud tulemusi praktilistes projektides. Kuna KüberFüüsikalised Süsteemid on Süsteemide Süsteemid, mis suhtlevad ka keskkonnaga, siis ei ole klassikalised algoritmilised mudelid sobilikud selliste süsteemide formaalseks kirjeldamiseks. KFS modelleerimise fookus on interaktiivsetel arvutusmudelitel, mis võimaldavad kirjeldada käitumist, mis tekib KFS komponentide interaktsioonide tulemusel.

Põhinedes KFS modelleerimise tulemustele on ProLab arendanud KFS arhitektuuri, mida on rakendatud teenusepõhises vahevaras ProWare. ProWare on kasutatud KFS kommunikatsioonikihina nii uurimisprojektides kui ka kommertsrakendustes. ProWare arendus on läbinud mitu iteratsiooni ning on tänaseks jõudnud sellisele küpsuse tasemele, et seda saab töökindlalt rakendada alustehnoloogiana KFS süsteemide loomisel.

Andmetöötluse vallas on ProLab töö keskendunud andmete töötlemisele ja sünteesile, mis on vajalik olukorrateadlikkuse saavutamiseks nii üksikutes KFS komponentides kui ka KFS-s tervikuna. ProLab on saavutanud häid tulemusi hägusa klassifitseerimise meetodite ja algoritmide arendamisel, mida saab rakendada muustrite tuvastamiseks ja klassifitseerimiseks eri tüüpi andmete puhul. ProLab on arendanud ka meetodeid akustilise jälgimise ja klassifitseerimise jaoks kasutades mikrofonide massiive. Välja töötatud meetodeid on valideeritud labori keskkonnas ning rakendatud edukalt kaitsevaldkonna rakendustes. ProLabi erinevate uurimisteede tulemused kombineeritakse funktsionaalseks KFS, kus üksikud arvutid tegelevad andmehõive- ja töötlemisega ning kus kogutud andmed sünteesitakse, saavutamaks olukorrateadlikkuse taset, mis on antud süsteemi jaoks sobiv. Üks valdkondi, kus ProLabi tulemusi on läbi aastate edukalt rakendatud on kaitsevaldkonna Intelligence, Surveillance and Reconnaissance (ISR) süsteemid, kus sensorid moodustavad Süsteemide Süsteemi, tagamaks süsteemi kasutavatele inimestele ja masinatele vajaliku olukorrateadlikkuse taseme.

The main results of ProLab in 2015 can be partitioned in two application areas: military and Smart Environment. In both of these areas the various results of ProLab's research are applied in the context of research projects as well as in commercial applications.

In the military application area the two main results in 2015 were the successful completion of the research project funded by the US Army Research Laboratory and the successful demonstration of the results of the European Defense Agency project IN4STARS.

In the US Army Research Laboratory project the focus was on applying fuzzy and other classification methods to perform pattern matching of PIR sensor signals. The results of the project showed that when the PIR sensor data is fused with other basic sensor data, classification of object types and to some level object velocities is possible. The results of the project were presented in two research papers.

In the European Defense Agency project IN4STARS demonstration the results obtained over two years were demonstrated to project management committee as well as to representatives of



Estonian Armed Forces. The task of ProLab in the project is to create an ISR solution, which provides data to members of a military coalition operation. In the context of the project ProLab is able to apply all the results obtained in the various research subtopics, as the deployed ISR solution is a self-contained CPS, where pre-processed sensor data from individual sensors is fused in the network to obtain a classification estimation and then communicated to the human using low-power wireless networking. One of the novelties of the ISR solution developed within the scope of the project is the direct ground to air communication between sensor systems to enhance quality of collected data. The demonstration was held in the Simulation Centre of the Estonian Armed Forces with real ground vehicles and military personnel being monitored by fielded ground and airborne sensors provided by ProLab. The results of the project have been presented in numerous research papers.

In the Smart Environments domain the two main results in 2015 were the full deployment of the Smart Lighting network in Tallinn Old Town and the start of a Building Information Management pilot with Philips Lighting in Silicon Valley, USA.

In the Smart Lighting network in Tallinn Old Town all the street lights contain a controller, which uses the latest version of ProLab's ProWare as the underlying communication layer. The Smart Lighting network is used as a communication infrastructure for a sensor network that will be deployed in the Old Town to monitor the environment in the Old Town. The current network size in Tallinn Old Town is 580 smart nodes. The Smart Lighting network was deployed by the company Cityntel.

The Building Information Management pilot was done in collaboration with the companies Philips, Thinnect and MoBagel at the Plug and Play Technology Center in Sunnyvale, California, USA. The focus of the pilot is occupancy monitoring in an office area, ProWare is used as the underlying communication layer for communicating data in this solution, the network comprises 130 wireless nodes, 100 of which are PIR movement sensors and 30 of which are light and temperature sensors. The pilot, which is scheduled to run for six months offers a great opportunity for ProLab to demonstrate its technology and start a long term collaboration with the largest lighting manufacturer in the world.

#### **- koostöö teiste TA asutuste ja ettevõtetega (sh välisriikidest)**

ProLab collaborates actively with the following research organizations:

- Army Research Laboratory, US
- Eindhoven University of Technology
- State University of New York, Buffalo
- FOI (Swedish Defense Research Institute)
- ProLab collaborates actively with the following companies:
- Thales Neatherlands
- Philips Lighting
- Krates
- Thinnect
- Cityntel
- Defendec

**- kuni 3 olulisemat aruandeaastal ilmunud artiklit** (ETIS klassifikaatori alusel 1.1, erandjuhul 3.1). Eraldi tuuakse välja monograafiad (ETIS klassifikaatori alusel 2.1). Publikatsioonid peavad olema kajastatud ETIS-es.

#### Klassifikaator 1.1

1. 1.Preden, Jürjo S.; Tammemäe, Kalle; Jantsch, Axel; Leier, Mairo; Riid, Andri; Calis, Emine (2015). The Benefits of Awareness and Attention in Fog and Mist Computing. Computer, 48 (7), 37–45, 10.1109/MC.2015.207.

#### Klassifikaator 3.1

2. Riid, A.; Preden, J.-S. (2015). Interpretability improvement of fuzzy rule-based classifiers via rule compression. In: Proceedings of the 2015 Conference of the

- International Fuzzy Systems Association and the European Society for Fuzzy Logic and Technology: 16th World Congress of the International Fuzzy Systems Association (IFSA) and the 9th Conference of the European Society for Fuzzy Logic and Technology (EUSFLAT), Gijon, Spain, July 30th - August 3rd, 2015. Ed. J. M. Alonso, H. Bustince, M. Reformat. Atlantis Press, 162–169. (Advances in Intelligent Systems Research; 89).
3. Preden, J.; Kaugerand, J.; Suurjaak, E.; Astapov, S.; Pahtma, R.; Motus, L. (2015). Data to Decision: Pushing Situational Information Needs to the Edge of the Network. In: Proceedings of the 2013 IEEE International Multi-Disciplinary Conference on Cognitive Methods in Situation Awareness and Decision Support (CogSIMA): 2015 IEEE International Multi-Disciplinary Conference on Cognitive Methods in Situation Awareness and Decision Support. IEEE Publishing, 158–164.

### **Uurimisrühm 7**

- nimetus eesti keeles: **Sotsiotehniliste süsteemide ja e-riigi uurimisrühm**
- nimetus inglise keeles: **Research group of Sociotechnical Systems and e-Government**
- juhi nimi, ametikoht ja allüksus: Kuldar Taveter, professor, informaatikainstituut
- liikmed (nimi, ametikoht ja allüksus; täpsustatakse, kas on doktorant, magistrant):
  - Alexander Horst Norta, dotsent, informaatikainstituut
  - Ermo Täks, dotsent, informaatikainstituut
  - Merik Meriste, vanemteadur, automaatikainstituut
  - Kalev Rannat, vanemteadur, automaatikainstituut
  - Jüri Helekivi, insener, raadio- ja sidetehnika instituut
  - Tõnis Kelder, insener, raadio- ja sidetehnika instituut
  - Inna Shvartsman, informaatikainstituut, doktorant
  - Msury Mahunnah, informaatikainstituut, doktorant
  - Regina Sirendi, informaatikainstituut, doktorant
  - Kristina Murtazin, informaatikainstituut, doktorant
  - Jekaterina Balashova, magistrant
  - Rein Nõukas, magistrant
  - Tarmo Veskioja, teadur, informaatikainstituut
  - Enn Õunapuu, dotsent, informaatikainstituut
  - Eduard Sevtshenko, vanemteadur, masinaehituse instituut
  - Olga Mironova, informaatikainstituut, doktorant
  - Einar Polis, informaatikainstituut, doktorant
  - Priidu Neemre, informaatikainstituut, magistrant
  - Ingrid Pappel, lektor, informaatikainstituut
  - Karin Oolu, assistent, informaatikainstituut
  - Innar Liiv, dotsent, informaatikainstituut
  - Anton Vedeshin, informaatikainstituut, doktorant
  - Kadri Umbleja, automaatikainstituut, doktorant
  - Natalia Järv, informaatikainstituut, doktorant
  - Rain Öpik, informaatikainstituut, doktorant
  - Rene Talviste, informaatikainstituut, magistrant
  - Rein Kuusik, professor, informaatikainstituut
  - Grete Lind, informaatikainstituut, doktorant
  - Jaak Tepandi, professor, informaatikainstituut
  - Gunnar Piho, dotsent, informaatikainstituut
  - Jekaterina Ivask, informaatikainstituut, doktorant
  - Viljam Puusep, informaatikainstituut, doktorant
  - Pille Haug, informaatikainstituut, doktorant
  - Stanislav Vassiljev, informaatikainstituut, doktorant
  - Erki Eessaar, dotsent, informaatikainstituut
  - Ahto Buldas, professor, informaatikainstituut
  - Aleksandr Lenin, informaatikainstituut, doktorant

- **teadustöö ülevaade**
  - **teadustöö lühikirjeldus (eesti ja inglise keeles)**
  - **aruandeaastal saadud kõige olulisemad teadustulemused (eesti ja inglise keeles)**

Uurimisgrupi eesmärgiks on luua sünergiat tehnoloogia ning loodus-, tervise- ja sotsiaalteaduste vahel. Vastavalt nimetatud eesmärgile rakendab uurimisgrupp info- ja kommunikatsioonitehnoloogiat loodusteadustes ning samuti sotsiaalteadustes ja tervishoius. Peamised uurimisteed on: (1) hajutatud autonoomsed organisatsioonid ; (2) tõsistel arvutimängudel põhinevad simulatsioonid; (3) sotsiotehnilised süsteemid teabe kombineerimiseks; (4) e-riigi modelleerimine, simulatsioon ja prototüüpimine; (5) andmekaeve ja - analüüs; (6) suured relatsioonilised süsteemid; (7) arhetüüpipõhine tarkvaratehnika; (8) infoturve. Aastal 2015 teadus oli uurimisgrupi teadustöö fookuses sotsiotehniliste süsteemide modelleerimine, simulatsioon ja prototüüpimine. Peamised 2015. aastal läbiviidud uurimistöö tulemused on järgmised:

- Defineeriti ontoloogia tarkade lepingute (*smart contracts*) jaoks ontoloogiatega esitamiskeeles OWL. Selle ontoloogia põhjal töötati välja märgendamiskeel, mis esitab organisatsioonidevahelise koostöö koreograafiaid e-riigi või ettevõtete jaoks (publikatsioon 1).
- Töötati välja konfliktide ontoloogia et aru saada erinevat liiki konfliktidest, mis võivad tõstatada hajutatud autonoomsete organisatsioonide (*distributed autonomous organisations*) vahel ning nende üle läbi rääkida ja neid lahendada (publikatsioon 2).
- Pandi ette spetsifikatsiooniraamistik toetamiseks organisatsioonide allhankeid protsessivaadete (*process views*) kasutamiseks. Protsessivaated võimaldavad organisatsioonil näidata partnerorganisatsioonidele ainult avalikke ja olulisi osi oma äri- või administratiivsest protsessidest (publikatsioon 3).
- Töötati välja raamistik tootmisprotsesside pidevaks parendamiseks viisil, mis võimaldab inseneridel avastada kriitilisi probleeme, millel on finantsmõju lõpptootele (1 1.1-kategooria publikatsioon).
- Uurimisgrupi liikmed osalesid FP7 uurimisprojekti “Kriisihalduse modelleerimine tegevuste ja valmisoleku parandamiseks” (CRISMA, 2012-2015) ja uues Horizon 2020 uurimisprojekti keskkonnavaatluste teabe kombineerimise teemal “Vaatlusvõimsuste koondamine atmosfääri ja kliimamuutuste jälgimise kontekstis” (GAIA-CLIM, 2015-2018).
- Teostati kaks tellitud uurimistööd firmale Jeppesen GmbH, mis kuulub Boeingi gruppi, lennufirmade agendi- ja protsessipõhise simulatsiooni alal (uurimistulemuste tööstuslik rakendamine ja 2 kaitstud magistritööd).
- Lõpetati edukalt ühine rakenduslik uurimisprojekt Tarkvara Tehnoloogia Arenduskeskusega ja tööstuspartneriga synlab teemal “Individualiseeritud tervishoiu otsustustoe süsteem”. Projekti rahastas EAS (1 2016. aasta esimeses pooles kaitstav doktoritöö, Msury Mahunnah).
- Töötati välja meetodid ja rakendused tõsiste arvutimängude jaoks ressursihalduse treeninguks kriisihalduses ning targa asjade interneti õpetamiseks ja propageerimiseks (1 1.1-kategooria publikatsioon ja 1 3.1-kategooria publikatsioon, mis sai parima teadusartikli auhinna konverentsil “International Symposium on Environmental Software Systems – ISESS 2015”).
- Erasmus+ projektis “e-Government 2.0 in practice” osalemise kontekstis alustati simulatsiooniplatvormi kavandamist ja teostamist e-riigi õpetamiseks ja populariseerimiseks.
- Lõppes 4. tööstusprojekt firmaga Mitsubishi Motors Corporation. Projekti tulemusi esitati firma peakorteris Tokyos. Üldistatud tulemused leiavad kasutamist uurimisgrupi uues töövaldkonnas “Andmeteadus e-riigi jaoks” (uurimistulemuste tööstuslik rakendamine ja 1 3.1-kategooria publikatsioon).
- Relatsioonilise andmebaasi hea disaini saavutamise protsess muudeti poolautomaatseks ja valideeriti (2 3.1-kategooria publikatsioon).
- Arendati uudne efektiivsem algoritm ja selle rakendusmeetod tuvastamiseks objekti kuulumist klassi (1 3.1-kategooria publikatsioon).

- Arendati edasi arhetüübipõhist tarkvaratehnika meetodikat ning ümberdisainitud arhetüüpe ja arhetüüpide mustreid võrreldi kahe meditsiiniandmete metamudeliga parandamaks tervishoiu infosüsteemide koosvõimet ja evolutsioneeruvust (2 3.1-kategooria publikatsioon).
- Tõstmaks organisatsioonide turvalisust suunatud kasu saamise eesmärgil teostatud rünnakute vastu, töötati välja usaldusväärsem mudel ja efektiivsemad arvutuslikud meetodid selleks, et arvutada välja ratsionaalse ründaja poolt loodetava kasu ülemist piiri (1 kaitstud doktoritöö).
- Uurimisgrupp koordineeris EL-i Horizon 2020 programmi projektitaotlust "Service-Oriented Cloud Computing for Achieving Holistic e-Governance" taotlusvoorus EURO-6-2015 "Meeting new societal needs by using emerging technologies in the public sector", mis ületas lävendi aga ei osutunud rahastatuks.

This goal of the research group is creating a synergy between technology and natural, health and social sciences. Accordingly, the research group applies ICT in natural sciences as well as in social sciences and healthcare. Main research topics are: (1) distributed autonomous organisations; (3) simulation by serious gaming; (4) sociotechnical systems for information fusion; (2) modelling, simulation, and prototyping of e-government; (6) data mining and analysis; (5) large relational systems; (6) archetypes-based software engineering; (7) information security. In 2015 the research was centred on the modelling, simulation, and prototyping of sociotechnical systems<sup>2</sup>. The following research results were obtained in 2015:

- The ontology for smart contracting in the ontology language OWL was defined. Based on the ontology, the markup language has been created that presents choreographies for cross-organizational collaboration for e-government or businesses (publication 1).
- The conflict ontology has been worked out for understanding, negotiating, and resolving different types of conflicts that may arise between distributed autonomous organizations (publication 2).
- A specification framework to support service outsourcing by organizations using process views has been proposed. A process view allows an organization to reveal only public and relevant parts of its private business or administrative processes to partner organizations (publication 3).
- A framework has been worked out for continuous improvement of production processes in the way that enables engineers to discover the critical problems that have financial impact on the final product (1 1.1-category publication and 1 3.1-category publication that received the Best Paper Award at the conference "International Symposium on Environmental Software Systems – ISESS 2015").
- Members of the research group participated in the FP7 research project "Modelling crisis management for improved action and preparedness" (CRISMA, 2012-2015) and in the new Horizon 2020 research project on fusion of environmental information "Gap Analysis for Integrated Atmospheric ECV CLImate Monitoring" (GAIA-CLIM, 2015-2018).
- Two research works were ordered by and accomplished for the German company Jeppesen GmbH, which is a subsidiary of Boeing, on the agent-based and process-based simulation of airlines (industry impact and 2 defended MSc theses).
- The 12-month joint application-oriented research project was successfully completed with the Software Technology and Applications Competence Centre (STACC) and the industry partner Quattromed HTI on the topic "Individualised healthcare decision support system". The project was funded by Enterprise Estonia (1 PhD thesis to be defended in the first half of 2016, Msury Mahunnah).
- Methodologies and applications for serious gaming have been worked out in the areas of resource management training in crisis management and teaching and promoting smart Internet of Things solutions (2 3.1-category publications).
- In the context of participating in the Erasmus+ project "e-Government 2.0 in practice", designing and implementing a simulation platform for teaching and popularizing e-government was started.

---

<sup>2</sup> Systems that support social processes by hardware and software within and between organisations

- The 4th industry project on data mining and analysis for Mitsubishi Motors Corporation was completed. The results of the project were presented in the headquarters of the company in Tokyo. The generalized results will be applied within the new research area of the research group "Using data science for e-government" (industry impact and 1 3.1-category publication).
- The process of achieving a good design of a relational database was semi-automated and evaluated (2 3.1-category publications).
- A novel more efficient algorithm of and its application method were developed for discovering object's belonging to a class (1 3.1-category publication).
- The archetypes based software engineering methodology was further developed and the redesigned archetypes and archetype patterns were compared with two metamodels of medical information, to enhance interoperability and evolution of healthcare information systems (2 3.1-category publications).
- For enhancing the security of organizations against targeted profit-oriented attacks, a more reliable model and more efficient computational methods were proposed for obtaining upper bounds of the expected outcome by a rational attacker (1 PhD thesis defended).
- The research group coordinated a project proposal "Service-Oriented Cloud Computing for Achieving Holistic e-Governance" for the Horizon 2020 call EURO-6-2015 "Meeting new societal needs by using emerging technologies in the public sector", which exceeded the threshold but was not chosen for funding.

- **koostöö teiste TA asutuste ja ettevõtete (sh välisriikidest)**

- o Swinburne Tehnikaülikool (Austraalia)
- o Leedsi Ülikool (Ühendkuningriik)
- o Stanfordi Ülikool (USA)
- o Tampere Tehnikaülikool (Soome)
- o Mitsubishi Motors Corporation (Jaapan)
- o Jeppesen GmbH (Saksamaa)
- o Tarkvara Tehnoloogia Arenduskeskus (STACC)

- **kuni 3 olulisemat aruandeaastal ilmunud artiklit** (ETIS klassifikaatori alusel 1.1, erandjuhul 3.1). Eraldi tuuakse välja monograafiad (ETIS klassifikaatori alusel 2.1). Publikatsioonid peavad olema kajastatud ETIS-es.

1. Norta, A.; Dua, Y.; Ma, L.; Rull, A.; Kolvart, M.; Taveter, K. (2015). eContractual Choreography-Language Properties Towards Cross-Organizational Business Collaboration. *Journal of Internet Services and Applications*, 6 (8), 1–23, doi: 10.1186/s13174-015-0023-7.
2. Eshuis, R.; Norta, A.; Kopp, O.; Pitkänen, E. (2015). Service Outsourcing with Process Views. *IEEE Transactions on Services Computing*, 8(1), 136-154, doi: 10.1109/TSC.2013.51
3. Narendra, N. C.; Norta, A.; Mahunnah, M.; Ma, L.; Maggi, F. M. (2015). Sound Conflict Management and Resolution for Virtual-Enterprise Collaborations. *Service Oriented Computing and Applications*, 1–19, doi: 10.1007/s11761-015-0183-0.

### **Uurimisrühm 8**

- nimetus eesti keeles: **Arvutilingvistika uurimisrühm**
- nimetus inglise keeles: **Research group of Computational Linguistics**
- juhi nimi, ametikoht ja allüksus: Leo Võhandu, prof emeritus, informaatikainstituut
- liikmed (nimi, ametikoht ja allüksus; täpsustatakse, kas on doktorant, magistrant):
  - o Ahti Lohk, assistent, informaatikainstituut
  - o Andre Veski, informaatikainstituut, doktorant
  - o Ottokar Tilk, informaatikainstituut, doktorant
  - o Addi Rull, informaatikainstituut, doktorant
  - o Tõnu Tamme, informaatikainstituut, doktorant

- **teadustöö ülevaade**

- **teadustöö lühikirjeldus (eesti ja inglise keeles)**
- **aruandeaastal saadud kõige olulisemad teadustulemused (eesti ja inglise keeles)**

Grupi eesmärk on luua tekstide, keelte ja sõnastike käsitlemiseks formaalseid meetodeid, mis tulemuste saamiseks ei sõltu ei konkreetsest keelest ega keele semantikast või grammatikast.

2015. aastal saavutati järgmised uurimistulemused:

- Loodi üldine adaptorgrammatikate konstrueerimise meetod, mis on eriti sobiv väikeste seni sügavamalt uurimata keelte morfoloogiliste mudelite ehitamiseks väga väikesemahulistest tekstidest (ca 1000 näitelauset). Sellel teemal kaitses K. Sirts väitekirja „Non-parametric Bayesian Models for Computational Morphology“. Kohe peale väitekirja kaitsmist siirdus K. Sirts Austraaliasse Macquarie Ülikooli järel doktorantuuri teaduriks.
- Loodi keeleülene süsteem WordNet-tüüpi sõnastike (neid on maailmas ca 70) testimiseks. Vastava uurimistöö käigus näidati, et kõigis seda tüüpi sõnastikes on kümneid tuhandeid vigu, mida uus testsüsteem efektiivselt avastab. Koostöö Eesti WordNeti autoritega vähendas näiteks polüseemiliste vigade hulka Eesti WordNetis 97% võrra. Sellel teemal kaitses Ahti Lohk väitekirja „A System of Test Patterns to Check and Validate the Semantic Hierarchies of WordNet-type Dictionaries“.
- Loodi tihe koostöö Tartu Ülikooli ja Princetoni Ülikooli arvutuslingvistidega. Koostöö tulemusena on valminud kaks ühisartiklit, mis esitati 2016. a. jaanuaris Rumeenias konverentsil “Global WordNet Conference” (3.1-kategooria publikatsioonid 1 ja 2).
- Saadi huvitavaid tulemusi Eesti kirjandusmaastiku ja Eesti Põhiseaduse struktuurilisel uurimisel.

The group's objective is to create formal methods for handling texts, languages and dictionaries that depend neither on the language nor on the semantics or grammar of the language. The following main results were achieved in 2015:

- A general method of constructing adaptor grammars was created that is particularly suitable for building morphological models for small hitherto unexplored languages from texts of small volume (circa 1000 example sentences). On that topic K. Sirts defended the thesis "Non - parametric Bayesian models for Computational Morphology". Immediately after the defense of her dissertation K. Sirts moved to Macquarie University in Australia as a PostDoc researcher.
- A language-independent system was created for testing dictionaries of the WordNet type (there are about 70 of them in the world). In the course of the research work it was shown that all dictionaries of this type contain tens of thousands of errors that the new testing system effectively detects. Cooperation with the authors of the Estonian WordNet, for example, reduced the number of polysemic errors in the Estonian WordNet by 97 %. On this topic A. Lohk defended his PhD thesis "A System of Patterns to Test and Validate the Semantic Check Hierarchies of WordNet Dictionaries type".
- Close collaboration was established with computer linguists of Tartu University and Princeton University. The collaboration has resulted in two joint articles that were presented at the Global WordNet Conference in Romania in January of 2016 (3.1-category publications 1 and 2).
- Interesting research results were obtained from studying the Estonian literary landscape and from the structural examination of the Estonian Constitution.

- **koostöö teiste TA asutuste ja ettevõtete (sh välisriikidest)**

- Princetoni Ülikool (USA)
- Macquarie Ülikool (Austraalia)

- **kuni 3 olulisemat aruandeaastal ilmunud artiklit** (ETIS klassifikaatori alusel 1.1, erandjuhul 3.1). Eraldi tuuakse välja monograafiad (ETIS klassifikaatori alusel 2.1). Publikatsioonid peavad olema kajastatud ETIS-es.

1. Lohk, A.; Fellbaum, C.; Võhandu, L. (2016). Tuning Hierarchies in Princeton WordNet. In: V. B. Mititelu, C. Forăscu, C. Fellbaum, P. Vossen (Eds.), Proceedings of the Eighth Global WordNet Conference, Bucharest, Romania, January 27-30, 2016 (177-183). Amsterdam, The Netherlands, and Princeton, New Jersey: Global WordNet Association.
2. Lohk, A.; Orav, H.; Vare, K.; Vohandu, L. (2016). Experiences of Lexicographers and Computer Scientists in Validating Estonian WordNet with Test Patterns. In: V. B. Mititelu, C. Forăscu, C. Fellbaum, P. Vossen (Eds.), Proceedings of the Eighth Global WordNet Conference, Bucharest, Romania, January 27-30, 2016 (184-191). Amsterdam, The Netherlands, and Princeton, New Jersey: Global WordNet Association.

### Uurimisrühm 9

- nimetus eesti keeles: **Fiiberoptilise kommunikatsiooni uurimisgrupp**
- nimetus inglise keeles: **Fibre Optical Communication Research Group. Projekt: „PSOPA—Phase-sensitive optical parametric amplifiers”**
- juhi nimi, ametikoht ja allüksus: Peter Avo Andrekson, professor, raadio- ja sidetehnika instituut
- liikmed (nimi, ametikoht ja allüksus; täpsustatakse, kas on doktorant, magistrant):
  - o Egon Astra, raadio- ja sidetehnika instituut, doktorant
  - o Ahti Ainomäe, raadio- ja sidetehnikainstituut, doktorant
  - o Sander Ulp, raadio- ja sidetehnikainstituut, doktorant
  - o Maksim Butsenko, raadio- ja sidetehnikainstituut, doktorant
  - o Tõnu Trump, raadio- ja sidetehnikainstituut, professor
  - o Toomas Ruuben, raadio- ja sidetehnikainstituut, professor
- **teadustöö ülevaade**
  - **teadustöö lühikirjeldus (eesti ja inglise keeles)**
  - **aruandeaastal saadud kõige olulisemad teadustulemused (eesti ja inglise keeles)**

Uurimisgrupi põhitegevuseks on parameetriliste faasitundlike optiliste võimendite väljatöötamine mis annavad võrreldes traditsiooniliste optiliste võimenditega olulisi eeliseid nagu praktiliselt müravaba võimendus ja väga lai optiline ribalaius. 2016 aastal käivitub personaalne uurimustoetus (PUT) teemal “Ebalineaarsed fiber-optilised kommunikatsioonisüsteemid”

Optical amplifiers are essential in optical communication systems as they compensate loss induced by the transmission fiber ensuring signal integrity of the information being transmitted, as well as in other applications such as spectroscopy. This research proposal deals with phase-sensitive optical parametric amplifiers (PSA) that have unique and superior properties compared with all other optical amplifiers, most notably the potential of noiseless amplification, very broad optical bandwidth, and being an enabler of a range of ultrafast all-optical functionalities.

During 2015, we have implemented numerical simulation software for optical fiber system transmission based on the so-called Fourier split-step method. We have used it to extensively evaluate the use of PSAs for mitigation of the undesirable, but unavoidable transmission fiber impairments. Typical modulation formats studied are QPSK at various symbol rates (10 Gbd, 28 Gbd, and 56 GBd). Novel results to date indicate that the dispersion map plays a very important role in the possible improvement, which can be significant. These numerical results are being

planned to be experimentally validated jointly with Chalmers University in Gothenburg, Sweden and thereafter to be submitted (in April 2016) to the leading European conference in the area of optical communication (ECOC).

We have further received a four-year grant from the Estonian Research Council for a project to be launched in 2016 and which will allow the expansion of the activities including the hiring of a new PhD student. The title of the project is “Nonlinear fiber-optic communication systems”

- **kuni 3 olulisemat aruandeaastal ilmunud artiklit** (ETIS klassifikaatori alusel 1.1, erandjuhul 3.1). Eraldi tuuakse välja monograafiad (ETIS klassifikaatori alusel 2.1). Publikatsioonid peavad olema kajastatud ETIS-es.

1. Rohit Malik, Ales Kumpera, Magnus Karlsson, and Peter Andrekson, “Demonstration of Ultra Wideband Phase-Sensitive Fiber Optical Parametric Amplifier,” IEEE Photonics Technology Letters (1041-1135). Vol. 28 (2016), 2, p. 175-177.
2. Josue Parra-Cetina, Peter Andrekson, Ales Kumpera, and Magnus Karlsson, “Phase-sensitive fiber-based parametric all-optical switch,” Optics Express (1094-4087). Vol. 23 (2015), 26, p. 33426-33436.
3. Abel Lorences Riesgo, Tobias Eriksson, Carl Lundström, Magnus Karlsson, and Peter Andrekson, ”Phase-Sensitive Amplification of 28 GBaud DP-QPSK Signal,” Optical Fiber Communications Conference and Exhibition, OFC 2015; Los Angeles; United States; 22 March 2015 through 26 March 2015 p. 7122090. (2015)
4. Samuel Olsson, Magnus Karlsson, and Peter Andrekson, “Long-Haul Optical Transmission Using In-Line Phase-Sensitive Amplifiers,” Asia Communications and Photonics Conference (ACP), November 2015 (invited paper).

### **Uurimisrühm 10**

- nimetus eesti keeles: **Thomas Johann Seebecki elektroonikainstituut**
- nimetus inglise keeles: **Thomas Johann Seebeck Department of Electronics**
- juhi nimi, ametikoht ja allüksus: Mart Min, professor, Thomas Johann Seebecki elektroonikainstituut
- liikmed (nimi, ametikoht ja allüksus; täpsustatakse, kas on doktorant, magistrant):
  - o Paul Annus, vanemteadur, Thomas Johann Seebecki elektroonikainstituut
  - o Alina Gavrijaševa, teadur, Thomas Johann Seebecki elektroonikainstituut, (kaitstes PhD 18.06.2015)
  - o Rauno Gordon, vanemteadur, Thomas Johann Seebecki elektroonikainstituut
  - o Eero Haldre, vaneminsener, Thomas Johann Seebecki elektroonikainstituut
  - o Argo Kasemaa, lektor, PhD, Thomas Johann Seebecki elektroonikainstituut
  - o Ants Koel, lektor, PhD, Thomas Johann Seebecki elektroonikainstituut
  - o Oleg Korolkov, vanemteadur, Thomas Johann Seebecki elektroonikainstituut
  - o Andrei Krivošei, teadur, , PhD, Thomas Johann Seebecki elektroonikainstituut
  - o Alar Kuusik, vanemteadur, Thomas Johann Seebecki elektroonikainstituut
  - o Hip Kõiv, vaneminsener, Thomas Johann Seebecki elektroonikainstituut, doktorant
  - o Raul Land, vanemteadur, Thomas Johann Seebecki elektroonikainstituut
  - o Yannick Le Moullec, vanemteadur, Thomas Johann Seebecki elektroonikainstituut
  - o Mart Min, professor, Thomas Johann Seebecki elektroonikainstituut
  - o Ago Mölder, Thomas Johann Seebecki elektroonikainstituut, doktorant (kaitstes PhD 04.06.2015)
  - o Olev Märten, juhtivteadur, Thomas Johann Seebecki elektroonikainstituut
  - o Yar Muhammad, Thomas Johann Seebecki elektroonikainstituut, doktorant (kaitstes PhD 05.06.2015)
  - o Jaan Ojarand, vaneminsener, PhD, Thomas Johann Seebecki elektroonikainstituut
  - o Toomas Parve, vanemteadur, Thomas Johann Seebecki elektroonikainstituut
  - o Mihhail Pikkov, dotsent, Thomas Johann Seebecki elektroonikainstituut



- Galina Rang, vaneminsener, MSc, Thomas Johann Seebecki elektroonikainstituut
- Toomas Rang, professor, Thomas Johann Seebecki elektroonikainstituut
- Reeno Reeder, lektor, PhD, Thomas Johann Seebecki elektroonikainstituut
- Marek Rist, vaneminsener, Thomas Johann Seebecki elektroonikainstituut, doktorant
- Natalja Sleptšuk, vanemteadur, Thomas Johann Seebecki elektroonikainstituut
- Jana Toompuu, teadur, Thomas Johann Seebecki elektroonikainstituut
- Uurimisrühma uuringute läbiviimiseks on täiendavalt kaasatud ka siin seni nimetamata Thomas Johann Seebecki elektroonikainstituudi ülejäänud doktorandid (21 doktoranti)

#### - teadustöö ülevaade

- **teadustöö lühikirjeldus (eesti ja inglise keeles)**

Kaasaegse elektroonika alustaladeks on kognitiivsus ja kommunikatsioon, mis realiseeritakse läbi signaalide käitlemise, edastamise ja säilitamise, ning mis väljendub erinevate kahenduste väljatöötamisel kasutatavate komponentide võrgustumises, nende autoomse võimekuse olulises lisandumises ja efektiivses omavahelises kommunikatsioonis. Arvestades kogu ühiskonna aina kasvavat sõltuvust elektroonsetest tehis-süsteemidest, muutub aina olulisemaks efektiivsete riistvaraliste platvormide realiseerimine, millistes kombineeruvad signaalide tekitamine, nende ülekande ja objektide mõjutamine ning mõjudele toimivate reaktsioonide hindamine olukorras, kus just oluliseks piirajaks on optimaalne energiatarve. Nimetatud tendentsidega käib kaasa ka Thomas Johann Seebecki elektroonika instituudi teadusgrupi teadustegevus ja selle areng. Instituudi põhiline teadustöö toimus institutsionaalse uurimistöo IUT 19-11 (2014-2019) „Impedants-spektroskoopia põhine objektide identifitseerimine ja juhtimine: signaalid, algoritmid, energiasäästlikud lahendused“ raamides, mida toetas teaduse tippkeskuse CEBE (2008-2015) „Integreeritud elektroonikasüsteemid ja biomeditsiinitehnika“ teadustegevuse temaatika, ja millele lisandus 2015. aasta lõpus EL Horizon2020 ERA-chair'ide programmi projekt „Kognitiivne elektroonika KOEL“ (2015-2019), mille tulemusena kasvatab instituut tuumik-kompetentse kognitroonika valdkonnas.

Uurimistöo põhisisuks oli efektiivsete signaalitöötluse matemaatiliste meetodite ja algoritmide leidmine nii ergutus-signaalide sünteesiks kui reaktsioonisignaalide töötlemiseks sagedusvallas elektrilisel impedantsil põhinevate sensorsüsteemide töö optimeerimise huvides selleks, et hõivata maksimaalne infohulk piiratud vaatlusaja jooksul. Käsitlesime peamiselt paljusageduslikke kompleksseid signaale: nii multisiinust (siinuste summasignaali) kui binaarset mitmesageduslikku signaali (kahenivoolist impulsside jada) koos rakendustega pooljuhtelektroonikas, meditsiinis, tööstuses, targa linna lahendustes ja transpordis. Erilist tähelepanu pöörditi kiiretoimelise lairiba impedants-spektroskoopia signaalitöötluse ja mõõtemetodite optimeerimine parima signaal-müra suhte saavutamiseks. Lisaks nimetatud baasuuringutele haarasid uuringud ja väljatöötused saadud tulemuste rakendamist erinevates keskkondades alates erinevad materjalide ja seadiste omaduste uurimisest ja lõpetades nutikate tehnoloogiliste lahenduste väljatöötamisega näiteks targale linnale.

Muuhulgas arendati ja uuriti (nii teoreetiliselt kui eksperimentaalselt) metallide mõõtmiseks ja identifitseerimiseks (sh pinnakatete ja korrosiooni osas) pöörivoolude rakenduslikke mõõtelahendusi. Samuti uuriti ja arendati elektromehaanilise impedantsi (ja teiste mehaaniliste omaduste mõõte-muundurite) rakendamise võimalusi komposiit-struktuuride seireks. Realiseeriti IETF standarditega ühilduvate targa linna sidelahenduste (<http://www.eliko.ee/smartcity/>) ja IoT Smart Object andmestandardite loomist (IPSO Alliances). Biosignaalide ja bioimpedantsi mõõtmiste vallas realiseerisime arvutisimulatsioonidel põhinevaid diagnostika algoritme ning arendasime kudesid imiteerivaid materjale, mis võimaldavad valideerida simulatsioonidega saadud tulemusi. Viidi läbi esmased uuring-hindamised (feasibility study) hingamissignaali detekteerimise võimalustest magnet induksiooni meetodil ning koostöös TAK ELIKO-ga realiseeriti madala energiatarbega kantavate patsiendi- ja sportlaste sensorseadmete ja vastavate hindamisalgoritmide välja töötamine (ELIKO Norra Green-ICT projekti raames). Jätkasime

DLTS meetodil põhinevaid pooljuhtkomponentide uuringuid, mille käigus lõpetasime tellija ettepanekul GaAs põhinevate struktuuride sügavate energetiliste nivoode karakteriseerimise alased uuringud ning jätkasime Schottky diffusioonkeevituse tehnoloogiat kasutades vertikaalse arhitektuuriga modular-kompositsiooniga (valmis spetsiifiline kõrgepingeline tulp-tüüpi (stack) prototüüp koostöös A. F. Ioffe Füüsika-Tehnika Instituudiga St. Petersburgist (Venemaa) ning ettevõttega Nitride Crystals, Inc; (USA). Süvendasime uuringuid lab-on-a-chip valdkonnas koostöös Eesti biotehnoloogia firmaga Protobios (uued diagnostikameetodid rakedades bimpedantsi meetodit antikeha määramiseks) ning arendasime edasi spetsiifilist kuunutit lab-on-a-chip lahendustes koostöös firmaga SelfDiagnostics (Saksamaa).

Uurimisrühmas kaitsti aastal 2015 kokku neli doktoritööd, millest kolm kaitsti Tallinna Tehnikaülikoolis ja üks Aalborgi ülikoolis (Alex Birklykke, kaasjuhendaja Dr. Yannick Le Moullec). Mainime ka tõsiasja, et uurimisgrupi tegevuses osaleb doktorant Afganistani Vabariigi Kabuli ülikoolist (juhendajad Paul Annus ja Yannick Le Moullec), kelle TJS elektroonikainstituut võttis juhendamisele Eesti-Afganistaani välisministeeriumite vahelise koostööprogrammi raamides, mille juhiks on Prof. Peeter Normak Tallinna ülikoolist (Tariq Meeran, "The Impact of Wireless Mesh Networks on Voice over Internet Protocol" (eeldatav dissertatsiooni teema), kaitsmine on planeeritud aastasse 2017.

Uurimisgrupp publitseeris aastal 2015 kokku 43 eel-retsenseeritud artiklit ajakirjades (s.h. 6 artiklit ETIS 1.1.) ja erinevates konverentsikogumikkudes (s.h. 19 täismahus kogumikuartiklit ETIS 3.1.) ning kaks monograafiat (Springer, ETIS 2.1.). Lisaks esitati kaks pantenditaotlust. Nimetatud tulemus annab keskmiselt 2.5 teadusartiklit iga teadustöö tegemise kohustusega õpetlase kohta.

The base of modern electronics explicitly embodies in cognitivity and communication, which formulates the result over generating, processing, and transmitting and retransmitting, and depoting/retaining of signals (data), and which will be realized over networking of components, in their mutual communication and in the increase of autonomous aptness of components along the realizations over their whole application area. Due to the named trends the development of different hardware platforms will have the great and increased importance, in which the combination of signal processing and data transforming takes place under strongly optimized energy consumption limitations. All this introduces the increasing dependencies of society on electronics and its systems and components. The research activities at the Thomas Johann Seebeck department follows these trends very actively. The whole research was carried out in frames of the institutional research funding based project IUT19-11 (2014-2019) "Impedance spectroscopy based identification and control of objects: signals, algorithms, energy efficient solutions", which was strongly supported with R&D activities in frames of Centre of Research Excellence CEBE (2008-2015) on integrated electronic systems and biomedical engineering. Additionally, in the end of the year 2015 we were granted by EU Horizon2020 ERA-Chair programs framework with the project "Cognitive Electronics COEL (2015-2019) to improve and increase the core competences in the field of cognitronics.

Main content of the work lied on finding the effective signal processing methods and algorithms for the synthesis of excitation signals and processing of the response signals in frequency domain for optimizing the sensor systems for acquiring maximal amount of information during the restricted timeframe. Mostly the complex multicomponent signals were considered, as the multi-sine (a sum of multiple sine waves) as well as the binary multi-frequency signals (a sequence of binary pulses) applied in semiconductor electronics, medicine, industry, smart city and transport solutions. Special attention was put on optimization of signal processing and measurement methods for the fast wideband impedance spectroscopy with the best signal-noise ratio. Additionally, to the described basic research activities the different practical applications developments using the reached basic results were carried out starting with quality and behavior

examination of different materials and devices and ending with the smart technology based solutions for smart cities for example.

Our research includes the identification and measurement of metals (including coatings and corrosion of parts) has been developed and studied (theoretically and experimentally) by eddy current measurement solutions. Also has been studied and developed the electromechanical impedance (or other measuring transducers of mechanical properties) solutions for structural health monitoring of the composite structures and the investigation of possibilities of using magnetic induction sensor for the respiration monitoring has been carried out. The development of IETF standards compliant connectivity solutions for smart cities (<http://www.eliko.ee/smartcity/>) partnering in IoT Smart Object (SO) connectivity standardization (through the IPSO Alliance) have been carried out. Signal characterization for deep brain stimulation have searched and the finding of the optimum energy-efficient signals for electrical stimulation of brain tissue has been realized. Application of bio-impedance-based diagnostic systems for head trauma monitoring has been realized as well. The developing of an information system, which can provide continuous and long-term monitoring of the human Central Aortic Blood Pressure (CAP) variations by non-invasive and health-safe way from the Electrical Bio-Impedance (EBI) measured from the radial artery on the arm and the feasibility study for detecting of breath signals with the magnet-induction method has been finished and in cooperation with TAK ELIKO the research and development of low power wearable patient/athlete sensing devices and related assessment data clustering algorithms (Norwegian Green-ICT project of ELIKO). We continued DLTS method numerical experiments based R&D activities in the field of semiconductor electronics. The research on deep levels in GaAs pin-diodes, in particular, the characterization of deep levels A, B and EL2 in p-layer of p+-pin-n+ structure have been elaborated. The implementation of vertical integration of diffusion welded modular architectures in cooperation with Russian Academy of Science, A.F. Ioffe Physico-Technical Institute in St. Petersburg and USA company Nitride Crystals, Inc. have been initiated. A new research in lab-on-a-chip direction has started as well in cooperation with Estonian biotechnology company Protobios for development of new diagnostic tests in the field of immune analysis on impedance-based detection of antibodies in microfluidics. In this field we continued also the cooperation with company SelfDiagnostics (Germany) in the field, which is related to the development of microfluidic components for disposable Point-of-Care Test devices, the main focus being the development of temperature control for said devices.

There have been all together 4 PhD defenses at the Thomas Johann Seebeck Department of Electronics under this particular research activity in 2015. Three of them were defended at TTU and one at the Aalborg University, Denmark (Alex Birklykke, co-supervisor Dr. Yannick Le Moullec). Additionally, we have to mention that we have a PhD student Tariq Meeran (supervisors Dr. Yannick Le Moullec and Dr. Paul Annus) from Kabul University; Afghanistan Republic, who is by us under the framework contract between Estonian and Estonian Foreign Ministries and the framework coordinating person is Prof. Peeter Normak from Tallinn University (Tariq Meeran, "The Impact of Wireless Mesh Networks on Voice over Internet Protocol" (possible topic of research), defense procedure is planned in 2017).

The research group has published in 2015 altogether 43 per-reviewed papers (6 papers by ETIS classification 1.1.; 19 full conference papers by ETIS classification 3.1.; two monographs; by ETIS classification 2.1.) and additionally also two patent applications. The average number of publications per scientist is about 2.5.

- **aruandeaastal saadud kõige olulisemad teadustulemused (eesti ja inglise keeles)**
  - Optimaalsete multisiinuste sünteesimeetod, mis võimaldab maksimeerida signaali energia piiratud amplituudi juures ning meetod erineva kuju ja amplituudiga spektrite saamiseks binaarsete impulss-jadade korral, aga samuti nende jadade kasutamine objektide

- sageduskarakteristikute mõõtmise juures (patenditaotlus EE201500014A; esitatud 20.04.2015).
- Uue efektiivsema optimeerimismeetodi väljatöötamine lairiba impedants-spektroskoopia jaoks, kus võetakse arvesse ka uuritava objekti ligikaudse mudeli parameetrid.
  - Hingamissignaali detekteerimise võimaluste uurimiseks töötati välja isoleeritud sidekanaliga (WiFi) tundlik induktiivandur ja hingamissignaali imitaator ning viidi läbi kompleksed katseseeriad.
  - Lihtsa pöörisvoolu-sensoorika kasutamise võimalikkuse hinnang ajutraumade monitooringu jaoks. Pöörisvoolu simulatsioonide tarkvara valideerimine katsetega läbi võrdlustestide kudede (ja metallide) omaduste hindamiseks. Kudesid elektriliselt imiteerivate materjalide katsetused.
  - DLTS meetodi ja numbriliste eksperimentide abil GaAs pooljuhtstruktuurides valmistamise käigus tekivate sügavate energetiliste nivoode karakteriseerimine ja energetiliste nivoode mõju kindlaksmääramine reaalsele elektrilistele karakteristikutele (tulemused on kaitstud firma Clifton tootmis-saladusega).
  - Schottky vertikaalse difusioon keevitatud arhitektuuriga modular-kompositsiooni realiseerimine (spetsiifiline tulp-prototüüp valmis koostöös A. F. Ioffe Füüsika-Tehnika Instituudiga St. Petersburgist (Venemaa) ning ettevõttega Nitride Crystals, Inc; (USA).
  - The method for synthesis of such multi-sines that enables to maximize the signal energy at the strictly limited amplitude value. the method for obtaining the spectra with specific shape and amplitude from different sequences of binary pulses. Such the signals were used for measurement of frequency responses of objects (applied for obtaining a patent: EE201500014A; presented 20.04.2015).
  - Development of the enhanced optimization method and algorithm for the fast wideband impedance spectroscopy. In the comparison with known optimization methods the parameters of estimated model of the sample under test are included in the process of optimization.
  - A new algorithm and the measurement results are presented in. Using magnetic induction sensor for the respiration monitoring a new sensitive tele-monitoring sensor and the imitator of lungs were developed and validated by imitation and on base complex experimental actions.
  - Evaluation of the possibility to use a simple eddy-current sensorics for brain-trauma assessment. Validation of eddy-current simulation software by comparison with experiments – for characterization of electric properties of tissues and metals as well properties. Experiments for developing electrically tissue mimicking materials.
  - Using DLTS measurements and numerical experiments for GaAs structures the nature of the defects associated with the deep energy levels is generally caused by atomic permutation or to atomic vacancy complex mechanisms and introduced by manufacturing technology has been elaborated and the influence on electrical characteristics has been explained (the results belong to company Clifton and are under company IP protection).
  - High voltage diffusion-welded stacks on the basis of SiC Schottky diodes have been presented. The implementation of vertical integration is attractive because of its possibility to obtain compact integral connections using the entire contact surfaces. The result of this work bases on cooperation with Russian Academy of Science, A.F. Ioffe Physico-Technical Institute and USA company Nitride Crystals, Inc.

**- koostöö teiste TA asutuste ja ettevõtetega (sh välisriikidest)**

Toomas Rang

1. Budapesti Tehnoloogia ja Majandusteaduste ülikooli elektroosadiste kateeder (Prof. Marta Rencz, Prof. János Mizsei ja Prof. András Poppe). Multidomain power LED characterization. Juhendamisel ühine doktorant.
2. INSA Blois (Dr. Serge Dos Santos), Signal Processing methods and applications for non-invasive testing of hard materials like steel and copper. Tudengite teaduspraktika vahetusel.

Natalja Sleptšuk

1. USA firma Nitride Crystals, Inc. ja A.F.Ioffe Füüsika-Tehnika Instituut (prof A. Lebedev) SiC põhinevad tulbad ja nende omadused ning SiC alusel olevad aatomipaksusega grafeenikilega sensorid;
2. Lab-on-a-chip valdkond – Eesti biotehnoloogia firma Protobios ja Saksa firma SelfDiagnostics.

Mart Min

1. Tartu Ülikool, keemiainstituut (Prof. Ago Rinke, Dr. Toonika Rinke) ning Tervisetehnoloogiate Arenduskeskus TerviseTAK Tartus (Prof. Andres Salumets) – kiiplaborite arendamine patogeenide avastamiseks ning bioimpedantsmeetodi rakendamine reproduktsoon-meditiinis.
2. TAK ELIKO – impedants-spektroskoopia vahendite arendamine ning rakendamine meditsiinis: (a) - süstlanõela juhtimine inimkehas koostöös firmaga Injeq Oy (Soome) ning (b) - tsentraalse aordi vererõhu kõvera hindamine mitteinvasiivselt randmearteri (arteria radialis) elektrilise impedantsi muutuste kaudu koostöös Ida-Tallinna Keskhaigla südamekeskusega (Dr. Tiina Uuetoa) ning firmaga JR Medical OÜ (Dr. Jürgen Lamp).
3. Tampere Tehnikaülikool, Biosensing Competence Centre (Prof. Jari Hyttinen) – vastastikused konsultatsioonid ja retsenseerimised ning doktoritööde hindamised biosensorika vallas, rõhutatult impedants-spektroskoopias.

Yannick Le Moullec

1. Department of Electronics at Aalborg University (Denmark), project B38;
2. Institute of Computer Technology at Vienna University of Technology (Austria), project B38
3. The European Spallation Source (ongoing project application);
4. National Taipei University of Technology (Taiwan), visiting scholar, Taiwan Fellowship, Summer 2015.

Tamas Pardy

1. Selfdiagnostics Deutschland GmbH: development of a disposable Point-of-Care Test devices
2. TAK ELIKO-ProtoBios OÜ project EU30017/sub-project 1.1.: detection of protein targets with rapid impedance analysis

Alar Kuusik

1. Koostöö H2020 projekti LAKHsMI partneritega (HWU, Centre for Robotics in Edinburgh, Univ of Groeningen); ettevõtte IDMind (Lissabon): RTLS tehnoloogia arendamine ja tarnimine FP7 projektis Monarch kasutamiseks;
2. National Taiwan University; Tokyo Denki University; Oulu Health Cluster; VTT Espoo; Eesti Tervisetehnoloogiate Klaster; Sclerosis Multiplexi Tugiliit (Norra Green-ICT projekti Home monitoring system for neurodegenerative disease patients raames); koostöö Tallinna linnaga targa linna tehnoloogiate rakendamisel

- **kuni 3 olulisemat aruandeaastal ilmunud artiklit** (ETIS klassifikaatori alusel 1.1, erandjuhu 3.1). Eraldi tuuakse välja monograafiad (ETIS klassifikaatori alusel 2.1). Publikatsioonid peavad olema kajastatud ETIS-es.

1. Giannoukos, Georgios; Min, Mart (2015). Application of artificial neural networks to model the interaction between T-cells and B-cells and their equivalent impedance of the linearized model. Journal of Computational Methods in Sciences and Engineering - IOS Press, 15 (2), 295–302, 10.3233/JCM-150544. (ETIS 1.1.)
2. Koel, Ants; Rang, Toomas; Rang, Galina (2015). Characterization of deep level traps in semiconductor structures using numerical experiments. In: C. A. Brebbia (Ed.). Materials Characterization VII (253–261). Great Britain: WIT Press. (ETIS 3.1.)
3. Ahmed, Tauseef; Le Moullec, Yannick (2015). Power Optimization in Non-Coordinated Secondary Infrastructure in a Heterogeneous Cognitive Radio Network. Electronics and Electrical Engineering, 21 (3), 79–83, 10.5755/j01.eee. (ETIS 1.1.)

Patentsed leiutised:

1. Binaarse ergutusega impedantsi analüsaatori meetod ja seade; Omanikud: Tallinna Tehnikaülikool, ELIKO Tehnoloogia Arenduskeskus OÜ; Autorid: Olev Märtnens, Raul Land, Mart Min, Paul Annus, Marko Reidla; Prioriteedi number: P201500014; Prioriteedi kuupäev: 20.04.2015.
2. Meetod ja süsteem sõiduki elektrooniliste vahenditega automaatseks parkimiseks piiranguga parkimisalal; Omanikud: ELIKO Tehnoloogia Arenduskeskus OÜ, Autlo OÜ; Autorid: Alar Kuusik, Kristjan Konks; Prioriteedi kuupäev: 30.07.2015.

### Uurimisrühm 11

- nimetus eesti keeles: **Biorobootika keskus**
- nimetus inglise keeles: **Centre for Biorobotics**
- juhi nimi, ametikoht ja allüksus: Maarja Kruusmaa, biorobootika keskuse juhataja, biorobootika keskus
- liikmed (nimi, ametikoht ja allüksus; täpsustatakse, kas on doktorant, magistrant):
  - o Naveed Muhammad, järel doktor (teadur)
  - o Taavi Salumäe, nooremteadur, biorobootika keskus, doktorant
  - o Asko Ristolainen, nooremteadur, biorobootika keskus, doktorant
  - o Gert Toming, insener, biorobootika keskus, doktorant
  - o Andres Hunt, nooremteadur, biorobootika keskus, doktorant
  - o Juan Francisco Fuentes Perez, nooremteadur, biorobootika keskus, doktorant
  - o Lin Li, nooremteadur, doktorant
  - o Jaan Rebane, insener, biorobootika keskus
  - o Andres Ernits, insener, biorobootika keskus

#### - **teadustöö ülevaade**

Allveerobootika arengutrendid on suunatud lahenduste otsimisele, mis võimaldaksid allveesõidukitel läbida ilma inimese otsese sekkumiseta pikemaid vahemaid, võtta ette keerulisemaid missioone (näiteks mõõtmisi ookeanide erinevates sügavustes) ning iseseisvalt hakkama saada ootamatute olukordadega, mida inimesed pole sõiduki vette laskmisel ette näinud. Veekeskond on oma füüsikaliste omaduste tõttu enamusele elektromagnetlainetele peaaegu läbimatu, seetõttu ei saa allveesõidukid omavahel või operaatoriga sidet pidada ning peavad iseseisvalt otsuseid vastu võtma. Teadustöö TTÜ biorobootika keskus pakub selle probleemi lahenduseks uudseid liikumismehhanisme ning uut tüüpi keskkonna tajumist, mis on inspireeritud looduslikest eeskujudest.

Kõik praegu olemasolevad allveerobotid kasutavad propellereid, mille energiaefektiivsus on väiksem kui kaladel ja imetajatel, kes kasutavad edasilikumiseks uimi või lestasid. Ehkki niinimetatud robotkalu on maailma uurimislaborites ehitatud mitmeid, on Biorobootika Keskuse eripäraks see, et ollakse keskendunud pehmete kehade ja vee vastastikuse mõju uurimisele, eesmärgiga kasutada võnkuvaid ning vibreerivaid pidevaid pindasid edasilükkejõu tekitamiseks vees. Nende töödega on näidatud, et edasilükkejõu tekitamisel on olulised materjaliomadused, näiteks jäikus ja selle muutumine ning energiaefektiivsuse seisukohalt omab tähtsust vee ja pehme keha vastastikune mõju. Kasutades põhiliselt katselise vedelikedünaamika meetodeid, on demonstreeritud erinevaid robotkalu ning samuti näidatud nende kinemaatilist sarnasust päriskaladega. Selle tulemusena on leitud lahendusi lihtsate ja energiaefektiivsete uimetäiturite valmistamiseks. Näiteks on töö üheks tulemuseks väide, et kala liikumise jäljendamiseks ei pea ilmingimata jäljendama kala hajutatud täitursüsteemi (lihaseid), mis viiks mehaaniliselt keeruliste ja kohmakate robotite ehitamiseni, vaid piisab, kui keha materjaliomadused on sobivalt valitud ja mehaaniliste võnkumiste tekitamiseks kasutatakse ühte täiturit.

Teise, esimese töösuunaga seotud teema, moodustab voolutajumise uurimine ja jäljendamine robotitel. Oleme koostöös bioloogidega uurinud kala voolutundliku organi, küljejoone, ehitust ning välja töötanud samadel printsiipidel toimiva meelelundi robotile. 7nda raamprogrammi projekti FILOSE raames ning sellele järgnenud töö tulemusena, on demonstreeritud robotite uut meelelundi, kunstilikku küljejoont. Katseliselt on näidatud, et kunstliku küljejoonega robot

suudab aru saada keha ümbritseva voolu omadustest ning oma liikumist selle suhtes kontrollida. Selle töö tähtsus seisneb uue lähenemise väljapakumises allveerobotite juhtimiseks. Allveerobootikas on veevoolu alati käsitletud kui sõiduki juhtimises viga põhjustavat keskkonnahäiret, mille sõiduki juhtimisalgoritmid peavad kompenseerima. Kui aga ümbritsevat vett käsitleda kui info- ja energiaallikat, mida sõiduki juhtimisel arvesse võetakse, on võimalik sõidukit juhtida energiasäästlikumalt.

- **teadustöö lühikirjeldus (eesti ja inglise keeles)**

Biorobootika Keskus tegeleb bioloogiast inspireeritud robotite arendamisega. Me uurime kalade ja veeloomade liikumismehhanisme ja tajusid ning ehitame allveeroboteid mis töötavad kasutades samu põhimõtteid.

Centre for Biorobotics conducts interdisciplinary research on the borderline of biology and technology. Our main focus is on bio-inspired underwater robotics where we seek both to develop more efficient, reliable and autonomous underwater technology as well as to use our technology to investigate fish biology, ecology and river hydraulics.

- **aruandeaastal saadud kõige olulisemad teadustulemused (eesti ja inglise keeles)**

- bioloogiast inspireeritud allveeroboti U-CAT arendamine ja esimesed väliskatsetused koos allveearheoloogidega FP7 projekti ARROWS raames.
- projekti BONUS FISHVIEW raames roboti navigatsioonimeetodi demonstreerimine, mis põhineb orienteerumisel veevoolu suhtes.

- **kuni 3 olulisemat aruandeaastal ilmunud artiklit** (ETIS klassifikaatori alusel 1.1, erandjuhul 3.1). Eraldi tuuakse välja monograafiad (ETIS klassifikaatori alusel 2.1). Publikatsioonid peavad olema kajastatud ETIS-es.

1. Fuentes-Pérez, J. F.; Tuhtan, J. A.; Carbonell-Baeza, R.; Musall, M.; Toming, G.; Muhammad, N.; Kruusmaa, M. (2015). Current velocity estimation using a lateral line probe. *Ecological Engineering*, 85, 296–300, 10.1016/j.ecoleng.2015.10.008.
2. Muhammad, N.; Strokin, N.; Toming, G.; Tuhtan, J.; Kämäräinen, J.-K.; Kruusmaa, M. (2015). Flow feature extraction for underwater robot localization: preliminary results. *IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*, May 26-30, 2015, Seattle, Washington.. IEEE, 1125–1130.
3. Muradore, R.; Fiorini, P.; Akgun, G.; Barkana, D. E.; Bonfe, M.; Bonfe, F.; Caprara, A.; De Rossi, G.; Dodi, R.; Elle, O. J.; Ferraguti, F.; Gasperotti, L.; Gassert, R.; Mathiassen, K.; Handini, D.; Lamercy, O.; Li, L.; Kruusmaa, M.; Oberman Manurung, A.; Meruzzi, G. ... Yantac, A. E. (2015). Development of a Cognitive Robotic System for Simple Surgical Tasks. *International Journal of Advanced Robotic Systems*, 12 (37), 1–20, 10.5772/60137.

## **2.2 Loetelu struktuuriüksuse töötajate olulisematest siseriiklikest ja välisriiklikest T&A-ga seotud tunnustustest (näidates töötaja nime, allüksuse ja ametikoha ning tunnustuse).**

1. R. Ubar, arvutitehnika instituut, professor – IEEE Computer Science Golden Core liige;
2. R. Ubar, arvutitehnika instituut, professor – Harkovi Rahvusliku Raadiotehnika Ülikooli auprofessor;
3. P. A. Andrekson, raadio- ja sidetehnikainstituut, professor – Member of Swedish Royal Academy of Engineering;
4. T. Rang, Thomas Johann Seebecki elektroonikainstituut, professor – Valge tähe teenetemärk; IV klass. Omistatud EV President poolt eduka teadustegevuse eest;
5. M. Min, Thomas Johann Seebecki elektroonikainstituut, professor – Rahvusvahelise Termoelektri Akadeemia kuldne auhind teaduse edendamise eest globaalses ulatuses (Paris-Ham, 22.05.2015).

## **2.3 Loetelu struktuuriüksuse töötajatest, kes on riiklike T&A-ga seotud otsustuskogude liikmed (näidates töötaja nime, allüksuse ja ametikoha ning otsustuskogu nimetuse).**

1. R. Ubar, arvutitehnika instituut, professor – Teaduste Akadeemia;
2. L. Mõtus, automaatikainstituut, professor – Eesti Teaduste Akadeemia Kirjastus, Proceedings of the Estonian Academy of Sciences, toimetaja (computer and systems science);
3. L. Mõtus, automaatikainstituut, professor – Eesti Teaduste Akadeemia liige;
4. L. Mõtus, automaatikainstituut, professor – Eesti Teaduste Akadeemia küberkaitse komisjoni esimees;
5. L. Mõtus, automaatikainstituut, professor – Eesti Teaduste Akadeemia energeetika nõukogu liige;
6. L. Mõtus, automaatikainstituut, professor – Eesti Teaduste Akadeemia Süvauuringute instituudi nõukogu liige;
7. L. Mõtus, automaatikainstituut, professor – Haridus- ja Teadusministeeriumi teaduspoliitika komisjoni liige;
8. L. Mõtus, automaatikainstituut, professor – Tallinna Ülikooli Raamatukogu nõukogu liige;
9. J-S. Preden, automaatikainstituut, vanemteadur – Kaitseministeeriumi Teadusnõukogu liige (Tallinna Tehnikaülikool);
10. E. Petlenkov, automaatikainstituut, dotsent – Doktorikoolide Nõukogu juhatuse liige;
11. E. Õunapuu, informaatikainstituut, dotsent – Tehniline standardikomitee EVS/TK 58 „Tarkvõrk“ liige;
12. T. Rang, Thomas Johann Seebecki elektroonikainstituut, professor – ETAG IUT ja PUT hindamise ekspertkomisjoni liige;
13. T. Rang, Thomas Johann Seebecki elektroonikainstituut, professor – Riiklike üliõpilaste teadustööde hindamisgrupi liige.

## **2.4 Loetelu struktuuriüksuse töötajatest, kes on välisriikide akadeemiate või muude oluliste T&A-ga seotud välisorganisatsioonide liikmed (näidates töötaja nime, allüksuse ja ametikoha ning välisakadeemia või muu olulise T&A-ga seotud välisorganisatsiooni nimetuse).**

1. G. Jervan, arvutitehnika instituut, professor – IEEE vanemliige;
2. G. Jervan, arvutitehnika instituut, professor – Euroopa Insenerihariduse Assotsiatsiooni EAAEIE Nõukogu liige;
3. G. Jervan, arvutitehnika instituut, professor – Ülemaailmse Testi Tehnoloogia Tehn. komitee TTTC liige;
4. G. Jervan, arvutitehnika instituut, professor – Euroopa Testi Tehnoloogia Tehn. komitee ETTTC liige;



5. K. Tammemäe, arvutehnika instituut, professor – IEEE vanemliige;
6. A. Jutman, arvutitehnika instituut, vanemteadur – Euroopa Insenerihariduse Assotsiatsiooni EAEIE Nõukogu liige;
7. R. Ubar, arvutitehnika instituut, professor – Euroopa Insenerihariduse Assotsiatsiooni EAEIE Nõukogu liige;
8. R. Ubar, arvutitehnika instituut, professor – Ülemaailmse Testi Tehnoloogia Tehn. komitee TTTC liige;
9. R. Ubar, arvutitehnika instituut, professor – Euroopa Testi Tehnoloogia Tehn. komitee ETTTC liige;
10. L. Mõtus, automaatikainstituut, professor – Euroopa Kaitseagentuuri „Information Superiority“ direktoraadi Eesti poolne koordinaator;
11. L. Mõtus, automaatikainstituut, professor – The Institution of Engineering and Technology (IET) liige (fellow);
12. V. Kukk, automaatikainstituut, professor – IEEE Education Society Chapter of Estonia Section, Chapter Chair;
13. J-S. Preden, automaatikainstituut, vanemteadur – Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. (IEEE) liige;
14. B.Gordon, automaatikainstituut, dotsent – SEFI (European Society for Engineering Education ), töörühma Working Group on Ethics in Engineering Educations liige;
15. E. Õunapuu, informaatikainstituut, dotsent – Association for Computing Machinery (ACM) liige;
16. E. Õunapuu, informaatikainstituut, dotsent – Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) liige;
17. I. Liiv, informaatikainstituut, dotsent – Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) Senior Member;
18. P. A. Andrekson, raadio- ja sidetehnika instituut, professor – Fellow of IEEE, Fellow of OSA;
19. T. Trump, raadio- ja sidetehnika instituut, professor – IEEE vanemliige (Senior Member);
20. T. Rang, Thomas Johann Seebecki elektroonikainstituut, professor – IEEE (USA), member;
21. T. Rang, Thomas Johann Seebecki elektroonikainstituut, professor – IEEE Education Chapter Estonia, chairman;
22. T. Rang, Thomas Johann Seebecki elektroonikainstituut, professor – Board of the Estonian Association of Engineers, member;
23. M. Min, Thomas Johann Seebecki elektroonikainstituut, professor – International Association for Bioelectromagnetism, president;
24. M. Min, Thomas Johann Seebecki elektroonikainstituut, professor – International Society of Electrical Bio-impedance, member;
25. M. Min, Thomas Johann Seebecki elektroonikainstituut, professor – International Society of Electro-cardiology, member;
26. M. Min, Thomas Johann Seebecki elektroonikainstituut, professor – International Committee for Promotion of Research in Bio-Impedance (ICPRBI), member;

**2.5 Struktuuriüksuses järeldoktorina T&A-s osalenud isikute loetelu (nii ETIS-e kaudu esitatud taotluste alusel kui muude meetmete alusel TTÜ-sse saabunud näidates ära järeldoktori nime, allüksuse ja ametikoha, perioodi, päritolumaa ja asutuse ning meetme, mille alusel järeldoktorit rahastatakse.)**

1. Hayretdin Bahsi, 1.0 järeldoktorantuuri vanemteadur arvutiteaduse instituudi Küberkriminalistika ja küberjulgeoleku keskus, prof. Olaf Maenneli juures 15.02.2015-31.12.2015, pärit Türgist, saabunud National Cyber Security Research Institute of TÜBİTAK (The Scientific and Technological Research Council of Turkey). Rahastatud teaduskonna baasfinantseerimise vahenditest (70%) ja arvutiteaduse instituudi poolt.

2. Leonidas Tsiopoulos, 1.0 järel doktorantuuri vanemteadur arvutiteaduse instituudi üldinformaatika õppetool, prof. Jüri Vainu juures 19.10.2015-31.12.2015, pärit Kreekast, saabunud Soomest Abo Akademi University. Rahastatud teaduskonna baasfinantseerimise vahenditest (70%) ja arvutiteaduse instituudi poolt.
3. Alexander Horst Norta, 1.0 PostDoc teadur informaatikainstituudi tarkvaratehnika õppetoolis Prof Kuldar Taveter juures 03.09.2013–31.08.2015, pärit Austriast, saabunud Oulu Ülikoolist Soomest, rahastatud IT Akadeemia programmi poolt.
4. Naveed Muhammad, biorobotika keskus, 01.01.2015 – 31.12.2015, Maarja Kruusmaa juures, pärit Pakistanist. Rahastatud teaduskonna baasfinantseerimise vahenditest (70%) ja biorobotika keskuse poolt.

**Eraldi tuuakse loetelu TTÜ-st järel doktorantuuri suundunud struktuuriüksuse töötajatest (nii ETIS-e kaudu esitatud taotluste alusel kui muude meetmete alusel TTÜ-st välja suundunud näidates ära järel doktorit nime, allüksuse ja ametikoha, perioodi, sihtkoha riigi ja asutuse ning meetme, mille alusel järel doktorit rahastatakse.)**

1. Juri Belikov, automaatikainstituut, dotsent – alates september 2015 järel doktorantuuris Iisraelis, Technion Ülikoolis.

**2.6 Soovi korral esitatakse muu informatsioon aruandeaasta T&A tegevuse kohta, sh saadud T&A-ga seotud tunnustused (va punktis 2.2 toodud tunnustused), ülevaade teaduskorralduslikust tegevusest, teadlasmobiilsusest ning hinnang struktuuriüksuse teadustulemustele, arengukava täitmisele vm.**

IUTid:

- IUT33-9 Bioloogiast inspireeritud allveerobotid 01.01.2015 31.12.2020  
Maarja Kruusmaa
- IUT19-11 Impedants-spektroskoopia põhine objektide identifitseerimine ja juhtimine: signaalid, algoritmid, energiasäästlikud lahendused 01.01.2014 31.12.2019  
Mart Min
- IUT19-1 Usaldusväärsed mitmetuumalised arvutisüsteemid 01.01.2014 31.12.2019  
Jaan Raik

### **2.6.1. Teaduskorralduslik tegevus**

1. J. Raik on valitud rahvusvahelise tippkonverentsi VLSI-SOC – 2016 esimeheks.
2. G. Jervan on valitud rahvusvahelise tippkonverentsi RECO-SOC – 2016 esimeheks.
3. J. Raik on europrojekti EL Horizon 2020 "IMMORTAL" (2015-2018) üldkoordinaator
4. A. Jutman on europrojekti FP7-ICT-2013-11 STREP "BASTION" (2014-2016) üldkoordinaator
5. J. Raik on europrojekti EL Horizon 2020 Twinning "TUTORIAL" (2016-2018) üldkoordinaator
6. J. Raik on konverentside DDECS, EDCC ja BEC juhtkomitee liige
7. G. Jervan on EWME konverentside juhtkomitee liige
8. R. Ubar on EWDT sümposionite aseesimees
9. J. Raik oli konverentsi "DDECS 2015" Belgrad, Serbia, programmikomitee juht
10. M. Jenihhin oli konverentsi DATE Friday Workshop "MEDIAN 2015" programmikomitee juht
11. M. Jenihhin oli konverentsi COST MEDIAN Finale esimees
12. P. Ellervee on BEC konverentside juhtkomitee aseesimees
13. P. Ellervee on NorCAS konverentside juhtkomitee liige

14. P. Ellervee on Elsevier ajakirja "Embedded Hardware Design (MICPRO)" toimetuskollegiumi liige
15. P. Ellervee on Erasmus+ projekti "COMPASS" (2015-2018) TTÜ-poolne koordinaator
16. G. Jervan on ca. 10 konverentsi tehnilise programmikomitee liige
17. J. Raik on ca. 20 konverentsi tehnilise programmikomitee liige
18. R. Ubar on ca. 20 konverentsi tehnilise programmikomitee liige
19. P. Ellervee on ca. 10 konverentsi tehnilise programmikomitee liige
20. L. Mõtus, automaatikainstituut, professor – Technical Programme Committee member, IEEE International Multi-Disciplinary Cognitive Methods in Situation Awareness and Decision Support (CogSIMA2016), San Diego, U.S.A.;
21. L. Mõtus, automaatikainstituut, professor – Technical Programme Committee member, 10th Annual Systems Conference (SYSCON 2016), Orlando, U.S.A.;
22. L. Mõtus, automaatikainstituut, professor – Technical Programme Committee member, IEEE Systems of Systems Engineering Conference, Kongsberg, Norway;
23. L. Mõtus, automaatikainstituut, professor – Ajakiri Journal on Integrated Computer Aided Engineering (IOS Press), toimetuskollegiumi liige;
24. V. Kukk, automaatikainstituut, professor – 2014–2018 Euroopa Liidu COST Action IC1401 Memristors - Devices, Models, Circuits, Systems and Applications (MemoCiS) juhtkomitee Eesti liige;
25. A. Udal, automaatikainstituut, teadur – 2014 - 2017 Euroopa teaduskoostöö COST aktsiooni IC1208 (Uute seadiste ja materjalide integratsioon info- ja kommunikatsioonitehnoloogias) juhtkomitee liige Eestist;
26. A. Udal, automaatikainstituut, teadur – 2013 - 2017 Euroopa teaduskoostöö COST võrgustiku aktsiooni BM1205 (Nahavähi detekteerimine laserkuvamise abil) juhtkomitee liige Eestist;
27. A. Udal, automaatikainstituut, teadur – 2013 - 2016 Euroopa teaduskoostöö COST võrgustiku aktsiooni MP1204 (THz & MIR tehnoloogiad) juhtkomitee liige Eestist;
28. J-S. Preden, automaatikainstituut, vanemteadur – NATO Science and Technology Organization (STO), System Concepts and Integration (SCI) paneeli esindaja;
29. J-S. Preden, automaatikainstituut, vanemteadur – NATO STO exploratory team SCI-014 "Requirements, Concepts and Challenges for Integrating Defense and Homeland Security Systems", grupi juht, Eesti esindaja;
30. J-S. Preden, automaatikainstituut, vanemteadur – NATO STO task group SCI-206 "System Design Considerations and Technologies For Safe High Tempo Operations In Degraded Environments" Eesti esindaja;
31. J-S. Preden, automaatikainstituut, vanemteadur – NATO STO task group SET-189 "Battlefield Acoustics, Multi-modal Sensing, and Networked Sensing for ISR Applications", Eesti esindaja;
32. J-S. Preden, automaatikainstituut, vanemteadur – NATO STO exploratory team SCI-012 "Affordable Robotics for Military Operations", Eesti esindaja;
33. J-S. Preden, automaatikainstituut, vanemteadur – NATO STO task group IST-124 "Heterogeneous tactical networks improving connectivity and network efficiency", Eesti esindaja;
34. E. Õunapuu, informaatikainstituut, dotsent – IARIA scientific committee member of the Journal Editorial Board;
35. M. Roost, informaatikainstituut, teadur – IFIP WG8.2 Information Systems and Organisations töögrupi liige;
36. Horizon2020 ERA-Chair projekti "Kognitiivne elektroonika-KOEL) rahastamine EL poolt (Toomas Rang);
37. Eesti kiirekanal MAX-IV sünkrotronkiirguse allikale (ESS - European Spallation Source) projektis (koordinaator Prof. Toomas Rang);
38. Eesti osalus Euroopa Tuumauuringute Keskuses (CERN) projektis (koordinaator Prof. Mart Min);

39. T. Rang, Thomas Johann Seebecki elektroonikainstituut, professor – Journal "Electronics and Electrical Engineering" (Kaunas, Lithuania), member of the editorial board;
40. T. Rang, Thomas Johann Seebecki elektroonikainstituut, professor – Georgian Academy of Sciences, external scientific expert;
41. T. Rang, Thomas Johann Seebecki elektroonikainstituut, professor – British Engineering and Physical Sciences Research Council, external expert;
42. T. Rang, Thomas Johann Seebecki elektroonikainstituut, professor – International Program Committee of Baltic Electronics Conference BEC (Estonia), general chairman;
43. M. Min, Thomas Johann Seebecki elektroonikainstituut, professor – Journal "Electronics and Electrical Engineering" (Kaunas, Lithuania), member of the editorial board;
44. M. Min, Thomas Johann Seebecki elektroonikainstituut, professor – Journal of Electrical Bio-impedance, section editor;
45. M. Min, Thomas Johann Seebecki elektroonikainstituut, professor – IEEE International Instrumentation and Measurement Society conferences I2MTC, member of the program committee;
46. M. Min, Thomas Johann Seebecki elektroonikainstituut, professor – "Proceedings of Riga Technical University - Electronics and Telecommunications" (Riga, Latvia), member of the editorial board;
47. A. Koel, Thomas Johann Seebecki elektroonikainstituut, lektor – International Program Committee of Baltic Electronics Conference BEC (Estonia), vice-chairman;
48. A. Kuusik, Thomas Johann Seebecki elektroonikainstituut, vanemteadur – IEEE, IFAC, Eureka network (TA projektide hindamine), IPSO Alliance (ELIKO CC institutsionaalne osalus);
49. Y. le Moullec, Thomas Johann Seebecki elektroonikainstituut, vanemteadur – Program Co-chair, DASIP'16;
50. Y. le Moullec, Thomas Johann Seebecki elektroonikainstituut, vanemteadur – Co-chair, ICBS'15 conference;
51. Y. le Moullec, Thomas Johann Seebecki elektroonikainstituut, vanemteadur – International Program Committee of Baltic Electronics Conference BEC (Estonia).

## 2.6.2. Teadlasmobiilsus

### Arvutitehnika instituudis

1. Loengukursused (tutorialid) teadusasutustes:
  - A.Jutman – Loengukursused: TU Darmstadt/Saksamaa, TU Ilmenau/Saksamaa
  - A.Jutman - IEEE TTTC TTEP tutorial ITC 2015 konverentsil, USAs
  - R.Ubar – Loengukursused: TU Darmstadt, Saksamaa; Brandenburgi Tehnikaülikool, Saksamaa
2. Külalisloenguid on pidanud K.Tammemäe (Viini Tehnoloogiaülikool), M.Jenihhin (Suvekool ITS MEDIAN)
3. Konverentsidel on ettekannetega käinud: **I.Aleksejev** (LATS'15), **B.Niazmand** (DATE'15, ReCoSoC'15, EUROMICRO'15), **M.Gorev** (DATE,15), **A.Sudnitsõn** (ICTRC'15, MIPRO'15, DSD'15, Electronics'15, Eurocon'15, CompSysTech'15), **V.Viies** (e-Learning'15), **T.Robal** (PICMET'15), **S. Payandeh Azad** (DDECS'15), **M.Jenihhin** (DATE'15, LATS'15, ETS'15), **K.Shibin** (ETS'15, ATS'15), **G. Jervan** (HiPEAC'15, DATE'15, EAEEIE'15, ReCoSoC'15), **A.Jasnetski** (DDECS'15i), **S.Kostin** (DDECS'15), **J.Raik** (DATE'15, VLSI-SoC'15, ETS'15 jt.), **A.Jutman** (ITC'15 jt.) **R.Ubar** (ISCAS'15, EUROMICRO'15), **P.Ellervee** (MSE'15, NorCAS'15, FPGAworld'15), **P.Ruberg** (MSE'15), **L.Jürimägi** (NorCAS'15), S.Odintsov (DATE'15, ETS'15,)
4. Rahvusvaheliste projektide koosolekutel on käinud: **P.Ellervee** (Ateena), **M.Jenihhin** (Brüssel, Rennes, Nürnberg, Haifa), **V.Viies** (Porto, Bucharest, Berliin), **G. Jervan** (Kosice, Krakow, Kopenhaagen, Kiiev), **R.Ubar** (Cottbus), **A. Sudnitson** (Dublin).

5. Rahvusvahelistel suvekoolidel või kursustel on osalenud: **B.Niazmand** (Mannheim), **S. Payandeh Azad** (Cottbus, Prague), **A. Jasnetski** (Cottbus), **A. Rjabov** (Cottbus), **S.Odintsov** (ETS'15, DATE'15), **P.Ellervee** (Pittsburgh).
6. Euroopa Komisjoni projekte on välise eksperdina konsulteerinud ja/või evalveerinud **G. Jervan** (Secure-R2I: Tbilisi, Minsk; LIFTGATE: Vigo)

### **Thomas Johann Seebecki elektroonikainstituut**

#### Konverentside organiseerimine:

1. 7th International Conference on Computational Methods and Experiments in Materials Characterisation. 22 - 24 April 2015; València, Spain; Wessex Institute of Technology (UK); (member of organizing committee and chairman of special session titled Semiconductor materials characterization; Prof. Toomas Rang)
2. 17th International Conference on Computational Methods and Experimental Measurements. 5 - 7 May 2015; Opatija, Croatia; Wessex Institute of Technology (UK); (member of organizing committee Dr. Ants Koel)
3. 37th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC2015), August 25-29, 2015, Milano, Italy (orgkomitee liige Prof. Mart Min).
4. 2015 IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC 2015), Pisa, Italy, May 11-14, 2015 (orgkomitee liige Prof. Mart Min).
5. The 10th International Conference on Bioelectromagnetism (icBEM2015), 16-18. June, 2015, Tallinn, Estonia (orgkomitee esimees Prof. Mart Min).

#### Prof. Toomas Rang

- Valencia, Spain 7th International Conference on Computational Methods and Experiments in Materials Characterisation. 22 - 24 April 2015;
- Prof. Valeri Skljarov, Aveiro ülikool, Portugal, 30.04.-02.05.2015;
- Dr. Serge Dos Santos, INSA Blois, Prantsusmaa 04.05-06.05.2015;
- Dr. John Terry, The University of Edinburgh, Scotland, 29.06.-02.07.2015
- Prof. Marta Rencz, Budapest University of Technology and Economics, 09.07-11.07.2015.

#### Dr. Olev Märtens

- Martens, O.; Liimets, A.; Kuusik, A. (2015). Synchronization algorithm for RFID-reader and its implementation. In: conference proceedings: 2015 Advances in Wireless and Optical Communications RTUWO, Riga, 5.-6.November 2015. Ed. Arturs Aboltins and Andreas Ahrens. Riga: IEEE, 82–85.
1. IEEE 9-th international Symposium on Intelligent Signal Processing, WISP2015, 15-17 May 2015, Siena, Italy,3 publikatsiooniga:
    - Martens, O.; Land, R.; Min, M.; Annus, P.; Rist, M.; Reidla, M. (2015). Improved Impedance Analyzer with Binary Excitation Signals. In: Proceedings of, pp. 25–29.
    - Märtens, O.; Gavrijaseva, A.; Land, R.; Min, M. (2015). Simple acoustical signature based coin validation. In: WISP 2015 PROCEEDINGS,pp. 120–123.
    - Gupta, A.; Märtens, O., Le Moullec, Y.; Saar, T. (2015). A Tool for Lung Nodules Analysis based on Segmentation and Morphological Operation. WISP; 2015 PROCEEDINGS: pp. 193–197.

#### Yannick Le Moullec

- 27 February 2015, PhD defence of Alex Birklykke (co-supervisor), Aalborg University, Aalborg, Denmark
- 2-6 March 2015, Erasmus+ teaching mobility, Universite Bretagne Sud, Lorient, France
- June-August 2015, Taiwan Fellowship, National Taipei University of Technology, Taipei, Taiwan
- 19-22 October, EU/H2020 ICT 2015, Lisbon, Portugal
- 4-13 November, Campus France research visit, Lab-STICC, Lorient, France

Rauno Gordon

The 10th International Conference on Bioelectromagnetism (icBEM2015), 16-18. June, 2015, Tallinn, Estonia. Ettekanded:

- Gordon, Rauno; Min, Mart; Land, Raul. Frequency-optimized rectangular pulses for deep brain stimulation;
- Pesti, Ksenija; Kõiv, Hip. Validation of simulations of eddy current methods with measurements on phantom Materials for biomedical engineering R&D.
- Priidel, Eiko; Annika, Mikola; Gordon, Rauno; Martsepp, Maret; Kenkre, Pranay; Taros, Taavi; Pärenson, Taavet (2015). Bridging the Gap between Technology and Usability for Portable Brain Trauma Scanning Device.

Tamas Pardy (doktorant)

- Lab-on-a-Chip & Microfluidics (Berlin, Germany, March 17-18)
- Visit to VTT Finland - ELIKO (Oulu, Finland, May 27);
- Selfdiagnostics-related meetings and seminars (Aug 24-28; Estonia and Oct. 26-30; Leipzig, Germany)

Dr. Natalja Sleptsuk

7th International Conference on Computational Methods and Experiments in Materials Characterisation. 22 - 24 April 2015; València, Spain. Ettekanne:

- Toompuu, Jana; Sleptsuk, Natalja; Korolkov, Oleg; Rang, Toomas (2015). Analysis of deep level spectrum in GaAs p+pinn+ structures.

Dr. Oleg Korolkov

International Conference on Silicon Carbide and Related Materials ICSCRM 2015, October, 4-9, 2015 Giardini Naxos, Sicily, Italy. Ettekanne:

- Oleg Korolkov, Natalja Sleptsuk, Paul Annus, Raul Land, Toomas Rang: High voltage diffusion-welde stacks.

Anindya Gupta (doktorant)

Abu Dhabis, konverentsi ettekandega:

- Gupta, Anindya; Märtnens, Olev; Le Moullec, Yannick; Saar, Tõnis (2015). Methods for Increased Sensitivity and Scope in Automatic Segmentation and Detection of Lung Nodules in CT Images. 15th IEEE International Symposium on Signal Processing and Information Technology (ISSPIT 2015), December 7-10, 2015, Abu Dhabi, UAE. Abu Dhabi, UAE: IEEE, 370–375.
- Summer School on Image Processing (SSIP), Hungary

Dr. Paul Annus

Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts Institute of Solid State Physics; University of Latvia; LU Cietvielu fizikas institūta 31. zinātniskā konference 31st Scientific Conference. Ettekanne:

- INTERESANTI REZULTĀTI IMPEDANCES MĒRĪJUMU GAITĀ INTERESTING RESULTS DURING IMPEDANCE MEASUREMENT ja kohtumine: Dr.phys. Alberts Kristiņš

Dr. Raul Land

Koolitused:

- "Advanced Instrument Control with LabVIEW Tutorial" VISA architecture for Advanced Instrument Control in LabVIEW Environment 04.12.2015, webinar
- "LabVIEW Developer Webcast Series - Personalizing the LabVIEW Environment to Accelerate your Productivity" 15.06.2015, webcast

- "Software-Stack of the wireless WPAN (ATMEL AVR and ARM) modules" 13.02.2015 - 14.02.2015, Tallinn, Akadeemia tee 15A

Mart Min – Rahvusvahelise juubelikonverentsi "The 10th International Conference on Bioelectromagnetism" korraldamine Tallinnas 16.-18. juunil 2015. Konverentsi materjalide alusel koostatud artiklite toimetamine publitseerimiseks ajakirjas International Journal of Bioelectromagnetism (Mart Min – guest editor), vol. 17, No.1 and No. 2, 2015.

Alar Kuusik - Osalus rahastuse saanud EASi EU48693 projekti „ELIKO“ koostamisel (2015-2022, eelarve 11 447 833€)