

# Arvutisüsteemide instituut, 2018. aasta teadus- ja arendustegevuse aruanne

## Arvutisüsteemide instituut

### Department of Computer Systems

Margus Kruus, [margus.kruus@taltech.ee](mailto:margus.kruus@taltech.ee), +372 620 2250

#### Instituudi struktuuriüksused on:

- Arukate süsteemide keskus
- Arvutisüsteemide õppekeskus
- Biorobootika keskus
- Usaldusväärsete arvutisüsteemide keskus

#### Structural units in the department are:

- Centre for Intelligent Systems
- Study Centre for Computer Systems
- Centre for Biorobotics
- Centre for Dependable Computing Systems

#### Instituudis tegutsevad järgmised uurimisrühmad:

- Arukate süsteemide keskus
- Biorobootika keskus
- Usaldusväärsete arvutisüsteemide keskus

#### The Department conducts research within 3 research centres:

- Centre for Intelligent Systems
- Centre for Biorobotics
- Centre of Dependable Computing Systems Design

## Teadus- ja arendustegevuse ülevaade uurimisrühmade lõikes

### Arukate süsteemide keskus

Keskuse juht: professor Eduard Petlenkov, [eduard.petlenkov@taltech.ee](mailto:eduard.petlenkov@taltech.ee)

Keskus koosneb kahest teaduslaborist: Automaatjuhtimise teaduslaboratoorium ja Virtuaalse ja täiendatud reaalsuse laboratoorium.

Arukate süsteemide keskuse põhikompetentsideks on:

- Keeruliste dünaamiliste süsteemide modelleerimine ja juhtimine;
- Murrulistel tuletistel põhinevad mudelid ja juhtimisalgoritmid;
- Teadustarkvara arendus;
- Iseõppimise ja adapteerimise meetodid juhtimissüsteemides;
- Tehisintellekti meetodid - tehisnärvivõrgud, hägus loogika, geneetilised algoritmid;
- Hajusjuhtimissüsteemid;
- Andmeanalüüs;
- Virtuaal- ja liitreaalsuse rakendused.

Uurimisgruppi põhifookuseks on uute efektiivsete juhtimismeetodite väljatöötamine ja realiseerimine uue põlvkonna tööstuse (Tööstus 4.0) rakendustes, uurimistöö baseerub klassikaliste tööstuskontrollerite integreerimisel teadmispõhiste meetoditega.

**Võtmesõnad:** juhtimissüsteemid, dünaamiliste süsteemide modelleerimine, tehisintellekti meetodid, masinõpe, adaptiivsed ja iseõppivad süsteemid.

Uurimisgrupi viimaste aastate teadustegevuste tulemusteks on:

- Murrulistel tuletistel põhinevate juhtimissüsteemide projekteerimiseks ning vastavate protsesside modelleerimiseks ettenähtud tarkvarapaketi FOMCON (<http://fomcon.net>) arendus.
- Murrulistel tuletistel põhinevate kontrollerite riistvaraline realiseerimine.
- Arukate adaptiivsete juhtimisalgoritmide väljatöötamine, tarkvaraline realiseerimine ja rakendus hajusjuhtimissüsteemis soojuselektrijaamade efektiivsemaks juhtimiseks.
- Tehisintellekti meetoditel põhineva liikluskindlustuse riskide hindamise süsteemi projekteerimine ja tarkvaraline realiseerimine.
- Uuringud tehniliste võimaluste loomiseks sünnesteesia neuroloogilise fenomeni teaduslikuks uurimiseks virtuaalreaalsuse keskkonnas.
- Inimese käitumise dünaamika modelleerimine virtuaalreaalsuses.

Uurimisgrupp avaldas 2018.aastal 17 teaduspublikatsiooni (4 ajakirjaartiklit - 1.1, üks ajakirjaartikkel - 1.2 ja 12 artiklit konverentside kogumikes - 3.1 ETIS-e klassifikaatori järgi) ja osales järgmistes teadusprojektides:

- Alexela Energia AS rakendusuring klientide elektritarbimise prognoosimudeli väljatöötamiseks.
- Metodoloogia automaatseks teekattedefektide tuvastamiseks.
- Murrulised süsteemid: analüüs, süntees ja nende tähtsus tuleviku disaini jaoks.

Veebileht: : <https://is-centre.eu/>

**Centre for Intelligent Systems**

Head of the centre: professor Eduard Petlenkov, [eduard.petlenkov@taltech.ee](mailto:eduard.petlenkov@taltech.ee)

The Centre consists of two laboratories: Control Systems Research Laboratory and Virtual and Augmented Reality Laboratory.

Our core competences are:

- Modelling, control, and analysis of complex nonlinear dynamic systems;
- Computational Intelligence based algorithms: Artificial Neural Networks, Genetic Algorithms, Fuzzy Logic, etc.;
- Self-learning and adaptation methods in control systems;
- Fractional-order modelling and control;
- Distributed control systems;
- Modelling and analysis of complex power systems with high integration of renewable energy sources;
- Data analysis;
- Development of research software;
- Virtual and Augmented Reality applications.

The research group focuses on development and implementation of novel efficient control techniques for Industry 4.0 applications based on the combination of classical industrial controllers with computational intelligence methods and knowledge based reasoning.

**Key words:** control, modelling of dynamic systems, computational intelligence, machine learning, adaptive and self-learning systems.

Results of research activities:

- Computational methods based analysis of vehicle insurance data and development of a software tool for estimation of insurance risks.
- Development and application of advanced modelling and control methods for District Heating Plants including practical implementation in Distributed Control Systems.
- Development of a toolbox modelling and analysis of Fractional Order Systems as well as design of Fractional Order controllers–FOMCON toolbox. Available at <http://fomcon.net/>.
- Hardware implementation of Fractional Order Controllers.
- Exploring the possibilities and advantages of inducing synesthetic experiences in Virtual Reality.
- Modelling of human behavioural dynamics in Virtual Reality.

In 2018 the research group has published 17 research papers (4 articles 1.1, one article 1.2 and 12 papers 3.1 according to ETIS classifier), participated in the following R&D projects:

- Alexela Energy AS applied research for development of electricity consumption prediction model.
- A Methodology for computerised detection of pavement cracks and other road defects.
- Fractional-order systems; analysis, synthesis and their importance for future design.

Homepage: <https://is-centre.eu/>

---

## Biorobotika keskus

Keskuse juht: professor Maarja Kruusmaa, [maarja.kruusmaa@taltech.ee](mailto:maarja.kruusmaa@taltech.ee)

<http://www.biorobotics.ttu.ee>

Biorobotika keskus arendab välja allveetehnoloogiaid, sealhulgas bioloogiast inspireeritud allveeroboteid, robotite täiturmehhanisme, allveeandureid ja andmeanalüüsimetodeid.

Meie peamised kompetentsid on:

- Robotika ja allveerobotika
- Robotite täiturmehhanismid vedelikus liikumiseks
- Anduritehnika ning allveeandurid ja andurite võrgud
- Andurid ja seadmed keskkonnaseireks veekeskkonnas ning andmeanalüüs

Meie peamised uurimisteemad on:

- Uudsete täiturmehhanismide arendamine liikumiseks veekeskkonnas
- Robotite juhtimine veevoolus lainetuses ja keeristes
- Looduslike veekeskkondade iseloomustamine ja klassifitseerimine nende hüdrodünaamiliste omaduste abil
- Vooluandurid laiaulatuslike ookeaniuuringute jaoks
- Andurite võrgud sadamate turvaliseks navigatsiooniks
- Veevoolu mõõtmine äärmuslikes oludes (nt. väga kõrge rõhk ja kiirendus) hüdroelektrijaamade turbiinides, tammidel, liustike all, jne.

Me koordineerime järgmisi teadusprojekte:

- H2020 LakHsMI (Sensors for Large Scale Hyrdodynamic Imaging) <http://www.lakhsmi.eu>
- Eesti IT teaduse tippkeskus <http://excite.it.ee>

ning osaleme järgmistes teadusprojektides:

- H2020 FitHydro (Fish Friendly Hydropower Technologies) <http://www.fithydro.eu>
- FLAG-ERA RoboCom++ (Rethinking Robot Companions of the Future) <http://www.robocomplusplus.eu>
- H2020 RISE ECOBOTICS.SEA (Bioinspired Technologies for Sustainable Marine Ecosystem)

Lisainfo [www.biorobotics.ttu.ee](http://www.biorobotics.ttu.ee)

## Centre for Biorobotics

Head of the centre: professor Maarja Kruusmaa, [maarja.kruusmaa@taltech.ee](mailto:maarja.kruusmaa@taltech.ee)

<http://www.biorobotics.ttu.ee>

Centre for Biorobotics focuses on underwater technologies, more specifically on underwater robotics inspired by biological principles, underwater sensing and underwater sensor networks.

Our core competences are:

- Underwater robotics
- Robot locomotion in fluid environment
- Flow sensing
- Experimental fluid mechanics
- Sensor networks for environmental monitoring

Some of our research activities include:

- Developing new principles of locomotion using soft and compliant actuators
- Control and navigation of underwater robots in flow, surges and waves

- Robot sensing in underwater environments
- Developing distributed sensor network for measuring flow and turbulence
- Characterization of complex underwater environments by their flow and turbulence characteristics
- Development of underwater sensor systems for safe navigation in harbours
- Measuring flows under extreme pressure and accelerations in hydropower turbines, sub-glacial flows, dams etc.

We are currently coordinating the following projects:

- H2020 LakHsMI (Sensors for Large Scale Hydrodynamic Imaging) <http://www.lakhsmi.eu>
- Estonian Centre for Excellence in IT (EXCITE) <http://excite.it.ee>

and are involved in the following international projects:

- H2020 FitHydro (Fish Friendly Hydropower Technologies) <http://www.fityhydro.eu>
- FLAG-ERA RoboCom++ (Rethinking Robot Companions of the Future) <http://www.robocomplusplus.eu>
- H2020 RISE ECOBOTICS.SEA (Bioinspired Technologies for Sustainable Marine Ecosystem)

For more information please visit [www.biorobotics.ttu.ee](http://www.biorobotics.ttu.ee)

---

## Usaldusväärsete arvutisüsteemide keskus

Keskuse juht: professor Jaan Raik, [jaan.raik@taltech.ee](mailto:jaan.raik@taltech.ee)

Usaldusväärsete arvutisüsteemide keskuse uurimistöö põhisuunad hõlmavad laia teemade ringi digitaalsüsteemide (k.a. mitme- ja paljutuumalised süsteemid) projekteerimise, usaldusväärseuse, verifitseerimise ja testimise vallast:

- Digitaal tehnoloogia vananemisprotsesside ja noorendamisstrateegiate uurimine (koostöö Delfti TÜ, Politecnico di Torino ja PUCRS, Brasiiliaga);
- Riistvara turve kiipvõrkudes (koostöö: Müncheni TÜ);
- Paljutuumaliste süsteemide usaldusväärsus, testimine ja rikete haldus (koostöö firmadega IBM, Recore Systems, Testonica Lab OÜ);
- Mitme kriitilisustmega paljutuumalised süsteemid (koostöö: Politecnico di Torino);
- Küberfüüsikaliste süsteemide riistvara/tarkvara koossimuleerimine (koostöö: Saksa kosmosekeskus DLR)
- Digitaalsüsteemide testimise sardinstrumentid (koostöö firmaga Testonica Lab OÜ);
- Algoritmid, sensorid ja signaalitöötlus biomeditsiini rakendustes (koostöö: Bosch Sensortec).
- Diagnostiline testigenerereerimine ja mikroprotsessorite test;
- Arvutisüsteemide erinevate aspektide koosverifitseerimine.

Keskus on mitmete üle-Euroopaliste aktsioonide eestvedaja, koordineerides Horisont2020 Marie Skłodowska Curie ITN projekti RESCUE. Lisaks oli keskus koordinaatoriks kahele 2018. aastal lõppenud Horisont 2020 projektile: RIA projekt IMMORTAL ja Twinning projekt TUTORIAL. Uurimisrühm on partneriks Arvutisüsteemide instituudi poolt koordineeritavas teaduse tippkeskuses EXCITE. Keskus osaleb vabariiklikus IKT teaduse tippkeskuses EXCITE.

Uurimisrühma 2018.aasta kõige olulisemateks tulemusteks on:

Kõige olulisemad tulemused olid seotud nanoelektronika tehnoloogia vananemise ning arvutiriistvara rikkehalduse meetodite uurimisega. Lisaks töötas uurimisrühm välja kaks uut tõrkekindla kiibi projekti. Märkimisväärne saavutus oli keskuse poolt koordineeritud Horisont 2020 projektide IMMORTAL ja TUTORIAL edukas lõpetamine.

## Centre for Dependable Computing Systems

Head of the centre: Professor Jaan Raik, [jaan.raik@taltech.ee](mailto:jaan.raik@taltech.ee)

The research in the Centre for Dependable Computing Systems covers a wide range of topics in the areas of design, reliability, verification and testing of nanoelectronic systems (including multi-/many-core systems):

- Study of aging and rejuvenation in nanometer technologies (cooperation with TU Delft, Politecnico di Torino and PUCRS, Brazil);
- Hardware security in on-chip networks (TU Munich);
- Dependability, test and fault management for many-core systems (cooperation: IBM, Recore Systems, Testonica Lab OÜ);
- Many-core based mixed-criticality systems (cooperation: Politecnico di Torino);
- Hardware/software co-simulation of cyber-physical systems (cooperation: German Space Centre DLR)
- Embedded test instruments for digital systems (cooperation: Testonica Lab OÜ);
- Algorithms, sensors and signal processing in biomedical applications (cooperation: Bosch Sensortec).
- Diagnostic test generation and microprocessor testing;
- Multi-aspect verification of computing systems;

The centre is the initiator of several pan-European actions. The centre coordinates the Horizon2020 Marie Skłodowska Curie ITN RESCUE project. It also coordinated the Horizon2020 RIA IMMORTAL and the Horizon 2020 Twinning action TUTORIAL, both of which ended in 2018. The Centre is a partner in the national ICT centre of research excellence EXCITE.

In 2018

The most significant research results were related to the research on nanoelectronics technology aging and on system-level test and fault management. In addition, the research group completed implementation of two new fault-resilient chip designs. A significant achievement was the successful completion of IMMORTAL and TUTORIAL projects, where the centre acted as the coordinating institution.