

Arvutisüsteemide instituut

Instituudi 2024. aasta teadus- ja arendustegevuse ülevaade

Instituudi 2024. aasta kuni 3 kõige olulisemat edulugu

Edulugu 1.

Töökindla arvutusriistvara keskuse teadlased käivitasid Euroopa doktorantide koolitamise võrgustiku TIRAMISU „Koolitus ja innovatsioon usaldusväärsete ja efektiivsete serva-AI kiipide disainimisel“ HORZON MSCA DN projekti raames. TIRAMISU peamine uurimiseesmärk on arendada praktilist metoodikat usaldusväärse ja energiatõhusa serva AI riistvara selgroo projekteerimiseks ning innovatsioonijuhtimiseks. Projekt pakub tugevat interdistsiplinaarset koolitust tulevastele Euroopa inseneridele ja teadlastele, kes juhivad innovatsiooni usaldusväärsete ja energiatõhusate serva AI kiipide väljatöötamisel. Konsortsium on strateegiliselt kavandatud soodustama ristedistsiplinaarseid sünergiaid, integreerides sujuvalt innovatsioonijuhtimise uurimistöö serva AI projekteerimise tehniliste aspektidega. Doktorantide koolitamise võrgustiku temaatikat instituudis toetavad samal aastal käivitatud HORIZONi projektid EIT RESCHIP4EU „Kiipide projekteerimisoskuste tugevdamine Euroopas“ ja Twinning TAICHIP „TalTechi võimekuse tõstmine usaldusväärsete ja tõhusate AI-kiipide disainis“

Edulugu 2.

Keskonnaseire tehnoloogiate keskuse teadlaste edulooks on veealuse masinänagemissüsteemi väljatöötamine ja valideerimine Euroopa jõgede bioloogilise mitmekesisuse seireks. Koos Eesti ja Saksamaa tööstuse ning Saksamaa Föderaalse Hüdroloogia Instituudiga viis meie TalTechi uurimisrühm lõpule enam kui 400 000 kalade rändevideo, sealhulgas 30+ kalaliigi hindamise. See on versta-postiks veeuuringute valdkonnas, sest see on esimene terviklahendus. 2017. aastal arendasime esimest korda välja ja litsentseerisime TalTech HYDROCAM süsteemi, millel on nüüdseks 70 paigaldust üle Euroopa. Aastatel 2021-2024 töötasime välja kohandatud masinõppe tarkvara veealuse kalade bioloogilise mitmekesisuse jälgimiseks. 2025. aastal alustame meie praegusel serveripõhisel süsteemil põhinevate manustatud arvutinägemismudelite arendamist ja testimist. Kasutades föderaalset õppeplatvormi, on TalTech järgmise 4 aasta jooksul teerajaja vee-elustiku mitmekesisuse reaajas jälgimisel. See võimaldab läbimurdelisi avastusi mageveebioloogia alusteadustes ning annab Eesti ja Euroopa tööstusele ka väga vajaliku automatiseeritud süsteemi regulatiivsete nõuete täitmiseks. Koos meie suure, mitut riiki hõlmava uurimis-, regulatiivsete ja tööstuslike koostööpartnerite rühmaga saab TalTechist juhtpositsioonile masinõppe kasutamisel keskkonnaseire automatiseerimiseks ja nõuetele vastavuse tagamiseks.

Edulugu 3.

Biorobotika keskus sai koordinaatorina rahastuse H2020 projektile PIPEON, "Robotika ja tehisintellekt kanalisatsioonitorude kontrollimiseks ja hooldamiseks" (kogurahastus 8 miljonit eurot, <https://cordis.europa.eu/project/id/101189847>). PIPEON arendab robot- ja

tehisintellektitehnoloogiaid autonoomseks kanalisatsiooninspeksiooniks ja hoolduseks, et parandada kanalisatsiooniettevõtete seiresuutlikkust ning vähendada kulusid, võimaldades kanalisatsioonisüsteemi õigeaegset hooldust. Projektis osaleb 12 partnerit seitsmest riigist. Sama keskuse doktorant Simon Pierre Godon arendas neljajalgsele robotile jalad, mis on inspireeritud põdra sõrgadest, et parandada liikumist mudasel ja lumisel pinnasel, vähendades vajumist, imemisjõudu ja energiakulu keerulistel maastikel. Töö (<https://dx.doi.org/10.1088/1748-3190/ad839c>) autorid on esitanud ka patenditaotluse antud lahendusele (<https://www.etis.ee/Portal/IndustrialProperties/Display/48cbfb2e-b05d-4ed5-9265-ce5efe1f3f09>) ning antud teadusartikkel on leidnud laialdast kandepinda erinevates rahvusvahelistest meedikanalites (https://portal.taltech.ee/wiki/show/et:applications:portal:news:2024:podrajalse_roboti_uudis_me_edias).

TA valdkonna väljakutsed 2025. aastaks

Säilitada kõigi teadusgruppide ja teadlaste järjepidev tulemuslikkus ja rahastamine.

Suurendada koostööd ja koostööprojekte ettevõtetega, eelkõige Eesti tööstusega.

Leida teadusgruppidesse uusi ja eelkõige eestimaised doktorante.

Tihendada teadusgruppide omavahelist koostööd ja sünergiaid.

TA valdkonna 2024. aasta väljakutsed ja nende tulemused

Väljakutse

Säilitada kõigi teadusgruppide ja teadlaste järjepidev tulemuslikkus ja rahastamine.

Osaleda aktiivselt käivituvate tippkeskuste tegevuses.

Leida kõige otstarbekam lahendus riistvara turvalisuse keskuse reorganiseerimiseks.

Leida teadusgruppidesse uusi ja eelkõige eestimaised doktorante.

Täitmine/tulemused

2024.aasta jooksul olid mitmed teadusgrupid väga edukad uute teadusprojektide taotlusvoorudes, vt. ka "Edulood". Teadusgrupid olid aktiivsed ja tulemuslikud ka tippkeskuste käivitamisel. Uusi doktorante leiti piisavalt, endiselt on mured eestimaiste doktorantide leidmisel.

Olulisemad soetatud seadmed

On ostetud mitmeid arvuteid, laboriseadmeid, uuendatud tarkvaralitsentse, jne. Midagi selle hulgast ei muuda üldist pilti oluliselt, mistõttu loetelu väljatoomine pole otstarbekas.

Koondhinnang instituudis kasutusel oleva taristu seisundi kohta

hea

Selgitus instituudis kasutusel oleva taristu seisundi kohta

Taristu on hetkel piisav edukaks teadustegevuseks.

1 Riistvara turvalisuse keskus

Uurimisrühma juht

Levent Aksoy, vanemteadur, levent.aksoy@taltech.ee

Uurimisrühma liikmed

Samuel Nascimento Pagliarini, Doktor, kaasprofessor tenuuris

Zain Ul Abideen, Magister, doktorant-nooremteadur

Levent Aksoy, Doktor, vanemteadur

Mohammad Eslami, Magister, doktorant-nooremteadur

Partha De, Doktor, järeldoktor-teadur

Võtmesõnad

Eesti keeles

riistvara turvalisus; usaldatavad kiibid; rakendusspetsiifilised integraallülitused; riistvara krüptomoodulid; integraallülituste hägustamise (obfuskeerimise) meetodid

Inglise keeles

hardware security; trustworthy integrated circuits; ASICs; crypto hardware; obfuscation

Uurimisrühma kompetentside tutvustus

Rühma ülevaade eesti keeles

Riistvara turvalisuse keskus viib läbi uuringuid kõigis riistvara turvalisuse rakenduslikes aspektides: keskuse teadustöö eesmärk on turvalisuse valideerimise tehnikad reaalses ränikiipides. Keskuse uurimistöo integraalskeemide projekteerimise, elektroonilise projekteerimise automatiseerimise (EDA) ja krüptograafilise riistvara vallas võimaldab luua usaldusväärseid riistvarapõhiseid süsteeme. Ohud nagu riistvara troojalased, pöördprojekteerimine, integraalskeemi paigutuse hägustamine, IP-piraatlus, integraalskeemide ületootmine, külgkanali rünnakud jne lahendatakse mitmesuguste tehniliste vastumeetmete abil. Keskuse põhikompetentsid: • rakendusspetsiifiliste integraallülituste projekteerimine • integraalskeemi paigutuse hägustamine projekti tükeldamise teel (Split-Chip ja Split-Fab) • usaldusväärse elektroonilise projekteerimise automatiseerimise töövoog (alates RTL-ist kuni paigutuseeni) • vastumeetmed pöördprojekteerimisele, külgkanali rünnakutele ja piraatlusele • krüpto-riistvara, k.a. konventsionaalne ja postkvantkrüptograafia vt ka <https://taltech.ee/en/centre-for-hardware-security>

Rühma ülevaade inglise keeles

The Centre for Hardware Security conducts research in all applied aspects of hardware security: the aim is to validate security techniques in real silicon. The Centre's research on integrated circuit (IC) design, electronic design automation (EDA), and cryptographic hardware enables trustworthy IC-based systems to be built. Threats such as hardware Trojans, reverse engineering, circuit (de)obfuscation, IP piracy, IC overbuilding, side-channel attacks, etc.,

are addressed through an array of technical countermeasures. Core competences of the centre are: • Design of Application Specific Integrated Circuits. • Circuit obfuscation. • Trustworthy electronic design automation tooling (from RTL to layout). • Countermeasures to reverse engineering, side channel attacks, and piracy. • Crypto hardware, including conventional and post-quantum cryptography.

Viimaste aastate olulisemad projektid:

TEM-TA138 Jätkusuutlik nutikas asjade internet (SAIoT) 2024 - 2028

<https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/ab65871a-a651-4561-baa8-a3e146139cd7>

ETAG24040 EAGER: UA krüptograafiliste standardite riistvaratõhus realiseerimine 2024 - 2026

<https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/2d62d846-f111-4188-ab8f-46d08b809fc9>

VFP20015 Turvaline ja kindel riistvara: Eesti digitaalse ühiskonna hüvanguks 2021 - 2023

<https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/6a144fc3-c501-4cb1-be7e-5bf3aa5e172a>

EITSA18019 IT Akadeemia programmi IKT teaduse toetusmeede perioodiks 2018-2022: Hardware Security 2018 - 2023

<https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/87d824a0-2336-4079-9b4d-2a1f9bfd1bf9>

MOBERC35 Uued ja kompetentsed lahendused usaldusväärse riistvara sünteesimiseks 2020 - 2022

<https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/a32c6b4f-c502-42e4-958b-166be9f6fd44>

Viimaste aastate olulisemad artiklid:

Eslami, M.; Ghasempouri, T.; Pagliarini, S. (2024). SCARF: Securing Chips With a Robust Framework Against Fabrication-Time Hardware Trojans. IEEE Transactions on Computers, 73 (12), 2761–2775. DOI: 10.1109/TC.2024.3449082. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/ad8cb1ea-0542-468b-badb-86e699ec9d8b>

Aksoy, Levent; Yasin, Muhammad; Pagliarini, Samuel (2024). KRATT: QBF-Assisted Removal and Structural Analysis Attack Against Logic Locking. 2024 Design, Automation & Test in Europe Conference & Exhibition (DATE): Valencia Spain, 25-27 March 2024. IEEE, 1–6. DOI: 10.23919/DATE58400.2024.10546552. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/b763ae7d-aafa-4c52-bda8-b74cde78f319>

Aksoy, Levent; Roy, Debapriya Basu; Imran, Malik; Pagliarini, Samuel Nascimento (2024). Multiplierless Design of High-Speed Very Large Constant Multiplications. 2024 29th Asia and South Pacific Design Automation Conference (ASP-DAC 2024): 29th Asia and South Pacific Design Automation Conference, Incheon, South Korea, 22–25 Jan. 2024. IEEE Computer Society, 957–962. DOI: 10.1109/ASP-DAC58780.2024.10473954. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/76bc951c-17bd-426a-bb4e-dccce909d70c>

Aksoy, Levent; Nguyen, Quang-Linh; Almeida, Felipe; Raik, Jaan; Flottes, Marie-Lise; Dupuis, Sophie Dupuis; Pagliarini, Samuel (2023). Hybrid Protection of Digital FIR Filters. IEEE Transactions on Very Large Scale Integration (VLSI) Systems, 31 (6), 812–825. DOI: 10.1109/TVLSI.2023.3253641. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/276bdb88-9f49-4abb-9695-5988b7cc30aa>

Aksoy, L.; Roy, D. B.; Imran, M.; Karl, P.; Pagliarini, S. (2022). Multiplierless Design of Very Large Constant Multiplications in Cryptography. IEEE Transactions on Circuits & Systems II Express Briefs, 69 (11), 4503–4507. DOI: 10.1109/TCSII.2022.3191662. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/478317cb-154b-42b5-93f6-2fe2b64cf833>

Uurimisrühma lõppenud aasta rahvusvahelisel tasemel väljapaistvad teadustulemused

Eesti keeles

2024. aastal avaldasid Riistvaraturbe keskuse teadlased mainekatel konverentsidel, nagu Aasia ja Vaikse ookeani lõunaosa projekteerimise automatiseerimise konverents (ASP-DAC) ja Design and Test in Europe Conference (DATE) ning silmapaistvates ajakirjades, nagu IEEE Transactions on Computers (TC). Kui meie ASP-DAC artikkel uurib väga suurte pidevate korrutuste kiiret rakendamist krüptograafias, siis meie DATE artikkel kujutab endast rünnakut silmapaistvate loogiliste lukustustehnikate vastu. Meie IEEE TC artikkel tutvustab raamistikku riistvara troojalaste sisestamise vähendamiseks valmistamise ajal. Meie teadlased pidasid ettekande ka Ladina-Ameerika testisümposiooni erisessioonil, kus nad tutvustasid olemasolevate rünnakute suhtes vastupidavat loogilist lukustustehnikat.

Sel aastal kaitsesid meie doktorandid Zain Ul Abiteen ja Mohammad Eslami. Mõlemad alustasid pärast kraadi omandamist järel doktorantuuris.

Inglise keeles

In the year 2024, the Center for Hardware Security researchers published in prestigious conferences, such as Asia and South Pacific Design Automation Conference (ASP-DAC) and Design and Test in Europe Conference (DATE) and prominent journals, such as IEEE Transactions on Computers (TC). While our ASP-DAC paper explores the high-speed implementation of very large constant multiplications in cryptography, our DATE paper presents an attack against prominent logic locking techniques. Our IEEE TC article introduces a framework to mitigate hardware Trojan insertion during fabrication. Our researchers also gave a talk in a special session in Latin America Test Symposium, where they presented a logic locking technique resilient to existing attacks.

Our PhD students Zain Ul Abideen and Mohammad Eslami defended this year. Both of them started their postdoctoral studies after getting their degrees.

Rühma TA seotus ühiskonnas aktuaalsete probleemidega ning neile lahenduste pakkumisega

Eesti keeles

Meie teadlased on projekti IMPRESS-U raames töötanud Ukraina krüptograafiastandardite riistvaratõhusate juurutuste kallal ASIC-is. Kuigi FPGA-le on olemas tarkvara- ja riistvararakendused, pole neid krüptograafiastandardeid varem ASIC-is loodud.

Nad on tegelenud kõnnianalüüsi tehisintellekti kiirendi digitaalse disainiga, mida rakendatakse ka ASIC-is.

Lisaks on nad tegelenud asjade interneti (IoT) seadmetele suunatud kerge krüptograafia (LWC) algoritmide riistvaratõhusa rakendamisega ja uurinud LWC algoritmi kasutamist riistvara turvaotude leevendamiseks.

Lõpuks on nad töötanud välja tehnikate väljatöötamise kallal, et vältida riistvaratruuvalaste sisestamist paigutuse ja tootmisprotsessi tasemel.

Inglise keeles

Our researchers have been working on the hardware-efficient implementations of Ukrainian cryptography standards in ASIC under the IMPRESS-U project. Although there exist software and hardware implementations on FPGA, these cryptography standards have not been designed in ASIC before.

They have been working on the digital design of an artificial intelligence accelerator for the gait analysis, which will also be implemented in ASIC.

Moreover, they have been working on the hardware-efficient implementation of lightweight cryptography (LWC) algorithms targeting internet of things (IoT) devices and exploring the use of LWC algorithms to mitigate hardware security threats.

Finally, they have been working on the development of techniques to prevent the insertion of hardware Trojans at layout level and fabrication process.

Info uurimisrühma rakendusliku väljundiga TA kohta

Senised rakendused ettevõtluses, majanduses, ühiskonnas

Meie IMPRESS-U projekt Ukraina krüptograafiastandardite riistvarasäästliku disaini kohta võeti vastu. Veelgi enam, meie TEMTA projekt, mis käsitleb kergete krüptograafiaalgoritmide riistvarasäästlikku kavandamist, on antud. Lõpuks võeti vastu meie projekt Airbusiga Euroopa Kosmoseagentuuri (ESA) jaoks, kus meie teadlased on konsultantideks. Lisaks osales meie uurimisrühm 30 partneriga väga suures konsortsiumis Euroopa kaitse rahastamise (EDF) Quantum projektitettepanekus ja teises suures konsortsiumis EL projektitaotluses.

Our IMPRESS-U project on the hardware-efficient design of Ukrainian cryptography

standards was accepted. Moreover, our TEMTA project on the hardware-efficient design of lightweight cryptography algorithms has been granted. Finally, our project with Airbus for the European Space Agency (ESA) was accepted, where our researchers will be consultants. Additionally, our research group participated in a very large consortium with 30 partners in the European Defense Funding (EDF) Quantum project proposal and another large consortium with more than 20 partners in an EU project proposal.

Uurimisrühma TA rakenduskompetentsid ettevõtluskoostöök

Meie uurimisrühmal on tugev side Testonica Lab-iga Eestis. Me töötame koos oma ESA projektis. Samuti loodame luua tugevaid sidemeid meie EDF projektitaotluse tööstuspartneritega, kes töötavad krüptograafiaalgoritmide väljatöötamisega, ja meie Euroopa projektiettepaneku tööstuspartneritega, kes tegelevad tõeliste juhuslike arvude generaatorite (TRNG) ja füüsiliste mittekloneeritavate funktsioonide (PUF) kavandamisega.

Our research group has a strong connection with Testonica Labs in Estonia. We will be working together in our ESA project. We also hope to build strong connections with industry partners of our EDF project proposal working on the design of cryptography algorithms and with industry partners of our European project proposal working on the design of true random number generators (TRNGs) and physical unclonable functions (PUFs).

Ettevõtluskoostöö eesmärk

Meie uurimisrühmal ei ole intellektuaalomandit (IP) ega patenti, mida turustada.

There is neither an intellectual property (IP) nor a patent from our research group to be commercialized.

Täiendav info:

Uurimisrühma seotus TalTech TA prioriteetse suunaga (kuni kaks olulisemat suunda):

- 2. Usaldusväärsed IT lahendused
- 1. Targad ja energiatõhusad keskkonnad

Uurimisrühma tegevusega seotud teadusvaldkond – kuni 2 alamvaldkonda Frascati Manuaali klassifikaatori alusel ja kuni 3 teaduseriala CERCS klasifikaatori alusel.

Frascati Manuaali teadusvaldkonnad:

1.2 Arvutiteadus ja informaatika

CERCSi teaduserialad:

T171 Mikroelektronika

T170 Elektronika

T120 Süsteemitehnoloogia, arvutitehnoloogia

Hinnang rühma kasutuses olevale TA taristule (sh kollektsioonid ja andmekogud), piisavus ja seisund

Hinnang seisundile:

Seisundi selgitus:

Pole asjakohane

Not relevant

Uurimisrühma liikmete osalus oluliste TA&I-ga seotud välisorganisatsioonide töös lõppenud aastal

Meie teadlased osalesid arvustajatena silmapaistval rahvusvahelisel arvutipõhise disaini konverentsil (ICCAD).

Our researchers participated as reviewers in the prominent International Conference on Computer-Aided Design (ICCAD).

Kolm kõige olulisemat välis- ja kolm kõige olulisemat Eesti koostööpartnerit

Välispartnerid:

- Airbus, DE.
- New York University of Abu Dhabi, Center for Cyber Security, UAE.
- Carnegie Mellon University, Department of Electrical and Computer Engineering, USA.

Eesti partnerid:

- Testonica Lab OÜ
-
-

Rühma liikmete TA populariseerimisega seotud tegevused

Levent Aksoy osales IT Kooli "Uurimisgrupi ja doktoriõppe avatud uste õhtul" uurimisrühmana -

<https://taltech.ee/et/uritused/avatud-uste-õhtu-phd-studies-2024>

Levent Aksoy participated in the School of IT's "Open Doors Evening of the Research Group and PhD Studies" as a research group -

<https://taltech.ee/en/events/open-doors-evening-phd-studies-2024>

**Rühma liikmete rahvusvahelisel ja riiklikul tasemel olulised tunnustused lõppenud aastal
Riiklikud:****Rahvusvahelised:**

Meie teadlane Levent Aksoy kutsuti Ladina-Ameerika testisümposiooni loogika lukustamise erisessioonile <https://cas.polito.it/LATS2024/program>.

Meie teadusartikkel Muhammad Eslami poolt avaldati aadressil <https://eprint.iacr.org/2024/1440>, uurimustöö teemal "Trooja sisestamine versus kaasaegsete IC-de paigutuse kaitsemehhanismid: Red-versus-Blue-Teaming in a Competitive Community Effort" tunnustati aadressil <https://semiengineering.com/chip-industry-week-in-review-54/> ja https://www.linkedin.com/posts/semiconductor-engineering_semiconductor-semiconductormanufacturing-activity-7245436638556737537-720L?utm_source=share&utm_medium=member_desktop.

Our researcher Levent Aksoy was invited for a special session on logic locking in the Latin America Test Symposium, <https://cas.polito.it/LATS2024/program>.

Our research paper by Muhammad Eslami on “Trojan insertion versus Layout Defenses for Modern ICs: Red-versus-Blue-Teaming in a Competitive Community Effort” published at <https://eprint.iacr.org/2024/1440> was recognized at <https://semiengineering.com/chip-industry-week-in-review-54/> and https://www.linkedin.com/posts/semiconductor-engineering_semiconductor-semiconductormanufacturing-activity-7245436638556737537-72OL?utm_source=share&utm_medium=member_desktop.

Rühma liikmete osalemine TA tegevusega seonduvalt ettevõtete nõustamistes

Meie teadlased pidasid GSCANi teadlastele ettekande ASIC-disaini kohta (<https://www.gscan.eu/>) ja arutasid oma disaini väljakutseid.

Our researchers gave a presentation on the ASIC design to researchers of GSCAN (<https://www.gscan.eu/>) and discussed the challenges in their designs.

Uurimisrühma veebilehe aadress

Eesti keeles

<https://taltech.ee/arvutisusteemide-instituut/uurimisruhm#p16453>

Inglise keeles

<https://taltech.ee/en/centre-for-hardware-security>

2 Töökindla arvutusriistvara keskus (TARK)

Uurimisrühma juht

Maksim Jenihhin, kaasprofessor tenuuris, maksim.jenihhin@taltech.ee

Uurimisrühma liikmed

Maksim Jenihhin, Doktor, kaasprofessor tenuuris
Raimund-Johannes Ubar, Doktor, ekspert/emeriitprofessor
Artur Jutman, Doktor, teadur
Sergei Devadze, Doktor, teadur
Anton Tšertov, Doktor, teadur
Hardi Selg, Magister, doktorant-nooremteadur
Mahdi Taheri, Magister, doktorant-nooremteadur
Natalia Cherezova, Magister, doktorant-nooremteadur
Dmitri Mihhailov, Doktor, vaneminsener
Konstantin Shibin, Magister, insener
Ahsan Rafiq, Magister, doktorant-nooremteadur

Võtmesõnad

Eesti keeles

serva-AI kiirendid; arvutusriistvara projekteerimine; ressursside tõhus arvutus; töökindlus; funktsionaalne ohutus; süsteemi enesetervise teadlikkus; ennustav hooldus; sardsüsteemid; arukad autonoomsed süsteemid; masinõpe

Inglise keeles

edge-AI accelerators; hardware design; cost-efficient computing; trust-efficient computing; reliability; functional safety; system health awareness; predictive maintenance; embedded systems; intelligent autonomous systems; machine learning

Uurimisrühma kompetentside tutvustus

Rühma ülevaade eesti keeles

Uurimiskeskuse fookuses on serva-AI riistvara ja adaptiivne kihtideülese töökindluse ja enesetervise teadlikkuse tehnoloogia homsete arukate autonoomsete süsteemide ja värvõrgu jaoks Eestis ja Euroopas. Teadusrühm uurib küberfüüsikaliste süsteemide alusarvutusriistvara toetades nende süsteemide heterogeensust ja tehisintelligentsusel põhinevat autonoomsust. Keskuses loodud teadmised pakuvad inseneridele disainilahendusi ja kohapealset instrumentaariumi tööstuslike süsteemide tõrgete haldamiseks. Keskuse põhikompetentsid on:

- arvutusriistvara projekteerimine: VHDL ja Verilog projektid; projekteerimise keskkonnad (Cadence, Siemens-Mentor, Synopsys); rakendusspetsiifilised arvutusplatvormid (Mehitamata õhusõidukid ehk droonid)
- FPGA-põhilised lahendused ja metodoloogiad: FPGA süsteemkiibid (Zynq, CycloneV);
- Projekteerimise keskkonnad (Xilinx Vivado, Altera/Intel Quartus, Lattice Diamond)
- Tarkvara ja sardtarkvara arendus: Paljasmetalli rakendused, buudilaadurid, Linux draiverid ja Userspace rakendused; Operatsioonisüsteemid Petalinux, Yocto, FreeRTOS ja tarkvaraarenduskomplektid (SDK, ELDK)
- Kihtideülene töökindlus ning rikete haldus: masinõppepõhised lahendused;

funktsionaalne ohutus (standard ISO26262) • Testi ja tõrkeotsingu instrumendid: JTAG/IJTAG põhised lahendused (standardid IEEE-1149.1, IEEE-1149.6, IEEE-1687)

Rühma ülevaade inglise keeles

The Research Centre focuses on edge-AI hardware and cross-layer reliability and self-health awareness technology for tomorrow's complex intelligent autonomous systems and IoT edge devices in Estonia and EU. The team studies advanced cyber-physical systems characterized by their heterogeneity and the emerging computing architectures employing AI-based autonomy. The centre generates knowledge to equip engineers with design-phase solutions and in-field instruments for industry-scale systems to facilitate system's crashless operation. The core competences of the group are: • Hardware design o VHDL and Verilog designs o EDA tools (Cadence, Siemens, Synopsys platforms) o Application-specific computing platforms (Unmanned Aerial Vehicles) • FPGA-based solutions and methodologies o FPGA SoCs (Zynq, CycloneV) o EDA tools (Xilinx Vivado, Altera/Intel Quartus, Lattice Diamond) • Software and embedded SW development o Bare-metal applications, bootloaders, Linux drivers and Userspace applications, o Petalinux, Yocto, FreeRTOS and embedded SDKs, ELDK • Cross-layer reliability and fault management o ML-based solutions o Functional Safety (ISO26262) • Test strategy development and troubleshooting instrumentation o JTAG/IJTAG based solutions (standards IEEE-1149.1, IEEE-1149.6, IEEE-1687)

Viimaste aastate olulisemad projektid:

PRG1467 CRASHLESS – Kihtideülene töökindlus ja enesetervise teadlikkus arukate autonoomsete süsteemide jaoks 2022 - 2026 <https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/83b77115-901f-47c0-8e1e-d31c54e9b38a>

ETAG24041 Selgitatavad usaldusväärsed ja efektiivsed süvanärvivõrgud (EnTrustED) 2023 - 2024 <https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/fcdc5316-e6ec-47ad-ac60-94cb9163ecde>

VHE24034 Koolitus ja innovatsioon usaldusväärsete ja efektiivsete serva-AI kiipide disainimisel 2024 - 2028 <https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/3b7022e3-8f79-4b7d-9c4c-2fc87c512c5b>

VHE24037 TalTechi võimekuse tõstmine usaldusväärsete ja tõhusate AI-kiipide disainis 2024 - 2027 <https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/d344eddf-c359-4367-ad56-351e46e21c5d>

TK202U9 Fundamentaalne Universum 2024 - 2030 <https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/7100ab0c-96e6-42c4-ad8e-d446de0a3f6a>

Viimaste aastate olulisemad artiklid:

Ubar, Raimund; Raik, Jaan; Jenihhin, Maksim; Jutman, Artur (2024). Structural Decision Diagrams in Digital Test. Springer Nature Switzerland AG 2024. DOI: 10.1007/978-3-031-44734-1.

<https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/0b4c9205-fd2c-4fd4-84ec-6b81bc3bbce1>

Taheri, Mahdi; Cherezova, Natalia; Nazari, Samira; Azarpeyvand, Ali; Ghasempouri, Tara; Daneshtalab, Masoud; Raik, Jaan; Jenihhin, Maksim (2024). AdAM: Adaptive Approximate Multiplier

for Fault Tolerance in DNN Accelerators. IEEE Transactions on Device and Materials Reliability, 1–11. DOI: 10.1109/TDMR.2024.3523386. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/1523da30-34c8-4ba0-b244-0a0c84e0bf58>

Ahmadilivani, Mohammad Hasan; Taheri, Mahdi; Raik, Jaan; Daneshtalab, Masoud; Jenihhin, Maksim (2024). A Systematic Literature Review on Hardware Reliability Assessment Methods for Deep Neural Networks. ACM Computing Surveys, 56 (6), 1–39. DOI: 10.1145/3638242. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/cfc7c362-618b-4f9b-a8d0-c8806acada62>

Auzinger, G.; Bakhshiansohi, H.; Dabrowski, A.; Delannoy, A.G; Dierlamm, A.; Dragicevic, M.; Gholami, A.; Gomez, G.; Guthoff, M.; Haranko, M.; Homna, A.; Jenihhin, M.; Kaplon, J.; Karacheban, O.; Korcsmáros, B.; Liu, W.H; Likhovitskiy, A.; Loos, R.; Mallows, S.; Michel, J. ... Wegrzyn, G.J. (2024). The CMS Fast Beam Condition Monitor for HL-LHC. Journal of Instrumentation, 19: 16th Topical Seminar on Innovative Particle and Radiation Detectors (IPRD23), Siena, 25-29.09.23. IOP/SISSA, C03048. DOI: 10.1088/1748-0221/19/03/C03048. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/e296922f-a458-49a0-b284-5bc9ebfc727e>

Rahbari, Dadmehr; Ahmed, Faisal; Jenihhin, Maksim; Alam, Muhammad Mahtab; Le Moullec, Yannick (2024). Reliability-Critical Computation Offloading in UAV Swarms. IEEE Systems Journal, 18 (4), 1871–1882. DOI: 10.1109/JSYST.2024.3432449. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/f07a8e41-9b26-4ba0-ad97-132013723648>

Uurimisrühma lõppenud aasta rahvusvahelisel tasemel väljapaistvad teadustulemused

Eesti keeles

Meeskond sai toetusi ja alustas kahe uue EL-i projekti elluviimist: HEU TWINN “TAICHIP - Boosting TalTech Capacity in Reliable and Efficient AI-Chip Design” (koordinaator M. Jenihhin, 2024-2027) ja HEU MSCA DN “TIRAMISU - Training and Innovation in Reliable and Efficient Chip Design for Edge AI” (koordinaator M. Jenihhin, 2024-2028). FR-EE PARROTi projekt “EnTrustED - Explainable Trustworthy and Efficient Deep Neural Networks” (2023-2024) viidi edukalt ellu. Riiklikul tasandil sai meeskond toetusi RVTT3 projekti (koostöö CERN-iga) ja tipptaseme keskuse TK202U7 “Foundations of the Universe” jaoks. Raamat (2.1) avaldati jaanuaris 2024 – Springer: Raimund Ubar, Jaan Raik, Maksim Jenihhin, Artur Jutman, “Structural Decision Diagrams in Digital Test: Theory and Applications” (<https://link.springer.com/book/9783031447334>).

Inglise keeles

The team received grants for and started implementation of two new EU projects HEU TWINN “TAICHIP - Boosting TalTech Capacity in Reliable and Efficient AI-Chip Design” (coord. M. Jenihhin, 2024-2027) and a HEU MSCA DN “TIRAMISU - Training and Innovation in Reliable and Efficient Chip Design for Edge AI” (coord. M. Jenihhin, 2024-2028). The FR-EE PARROT project “EnTrustED - Explainable Trustworthy and Efficient Deep Neural Networks” (2023-2024) was successfully accomplished. At the national level, the team received grants for an RVTT3 project (the collaboration with CERN) and for the Centre of Excellence TK202U7 “Foundations of the Universe”. A book (2.1) was published in January 2024 – Springer: Raimund Ubar, Jaan Raik, Maksim Jenihhin, Artur Jutman, “Structural

Decision Diagrams in Digital Test: Theory and Applications”
(<https://link.springer.com/book/9783031447334>).

Rühma TA seotus ühiskonnas aktuaalsete probleemidega ning neile lahenduste pakkumisega

Eesti keeles

Täna on nii kiibid kui ka tehisintellekt erakordselt kõrge prioriteediga Eesti ja Euroopa Liidu ühiskonna, majanduse ja teaduse jaoks, mis kajastub ka hiljuti vastu võetud ELi Kiibimääruses ja ELi Tehisintellekti Määruse väljavaates.

Lisaks on tehisintellekt ja töökindlate kiipide arendamine Eesti Teadus- ja Arendustegevuse, Innovatsiooni ja Ettevõtluse Strateegias esmatähtsal kohal. Tallinna Tehnikaülikooli Strateegilise Plaani 2021–2025 kohaselt on usaldusväärsed IT lahendused üks viiest strateegilisest arengusuunast. Uurimisrühm TARK toetab nende strateegiate rakendamist kõrgkvaliteedilise uurimistöö ja oskusliku tööjõu loomise kaudu.

Inglise keeles

Today, both chips and AI are topics of exceptionally high priority to the European Union’s society, economy and science, which is also reflected by the recent adoption of the EU Chips Act and the prospect of the EU AI Act to be adopted by early 2026. Moreover, AI and reliable chip development are top priorities in the Estonian Research and Development, Innovation and Entrepreneurship Strategy. According to Strategic Plan of Tallinn University of Technology 2021–2025, dependable IT solutions are one of the 5 strategic development areas. TECH supports the implementation of these strategies by high-quality research and generation of a skilful workforce.

Info uurimisrühma rakendusliku väljundiga TA kohta Senised rakendused ettevõtluses, majanduses, ühiskonnas

Uurimisrühma TA rakenduskompetentsid ettevõtluskoostöök

- * arvutusriistvara projekteerimine
- * VHDL ja Verilog projektid
- * Projekteerimise keskkonnad (Cadence, Siemens-Mentor, Synopsys)
- * Rakendusspetsiifilised arvutusplatvormid (Mehitamata õhusõidukid ehk droonid)
- * FPGA-põhilised lahendused ja metodoloogiad

- * FPGA süsteemkiibid (Zynq, CycloneV)
- * Projekteerimise keskkonnad (Xilinx Vivado, Altera/Intel Quartus, Lattice Diamond)
- * Tarkvara ja sardtarkvara arendus
- * Paljasmetalli rakendused, buudilaadurid, Linux draiverid ja Userspace rakendused
- * Operatsioonisüsteemid Petalinux, Yocto, FreeRTOS ja tarkvaraarenduskomplektid (SDK, ELDK)
- * Kihtideülene töökindlus ning rikete haldus
- * Masinõppepõhised lahendused
- * Funktsionaalne ohutus (standard ISO26262)
- * Testi ja tõrkeotsingu instrumendid
- * JTAG/JTAG põhised lahendused (standardid IEEE-1149.1, IEEE-1149.6, IEEE-1687)

Ettevõtluskoostöö eesmärk

Täiendav info:

Uurimisrühma seotus TalTech TA prioriteetse suunaga (kuni kaks olulisemat suunda):

- 2. Usaldusväärsed IT lahendused
- 1. Targad ja energiatõhusad keskkonnad

Uurimisrühma tegevusega seotud teadusvaldkond – kuni 2 alamvaldkonda Frascati Manuaali klassifikaatori alusel ja kuni 3 teaduseriala CERCSi klassifikaatori alusel.

Frascati Manuaali teadusvaldkonnad:

- 2.2 Elektrotehnika, elektroonika, infotehnika
- 1.2 Arvutiteadus ja informaatika

CERCSi teaduserialad:

- T171 Mikroelektroonika
- T120 Süsteemitehnoloogia, arvutitehnoloogia
- P176 Tehisintellekt

Hinnang rühma kasutuses olevale TA taristule (sh kollektsioonid ja andmekogud), piisavus ja seisund

Hinnang seisundile:

Seisundi selgitus:

Uurimisrühma liikmete osalus oluliste TA&I-ga seotud välisorganisatsioonide töös lõppenud aastal

M. Jenihhin:

2023–... Juhtkomitee liige - (DDECS) Int. Symposium on Design and Diagnostics of Electronic Circuits and Systems

2023–2024 Tudengite tegevuste juht - (ETS) IEEE European Test Symposium

2022–2024 Konverentsi IEEE/EDAA/ACM Design Test and Automation in Europe - Conference and Exhibition (DATE) täitevkomitee liige

2022–2024 "Multi-Partner Projects" juht konverentsil IEEE/EDAA/ACM Design Test and Automation in Europe - Conference and Exhibition (DATE)

**Kolm kõige olulisemat välis- ja kolm kõige olulisemat Eesti koostööpartnerit
Välispartnerid:**

- Lyon Institute of Nanotechnology, École Centrale de Lyon, France
- Department of Control and Computer Engineering – DAUIN, Politecnico di Torino,
- Cadence Design Systems, Germany

Eesti partnerid:

- Testonica Lab OÜ, Estonia
- Ericsson Eesti AS, Estonia
- SKYCORP OÜ, Estonia

Rühma liikmete TA populariseerimisega seotud tegevused

2024 Teadlaste ÖÖ 2024 avalik loeng

"Kohapealse AI kiibid"

<https://www.youtube.com/watch?v=zwrH6nBR4Vs>

2024 Delfi FORTE artikkel "TUNNE TEADLAST | Töökindla arvutusriistvara keskuse juht Maksim Jenihhin"

<https://forte.delfi.ee/artikkel/120303228/tunne-teadlast-tookindla-arvutusriistvara-keskuse-juht-maksim-jenihhin>.

2024 Esinemine Innovatsioonifestivalil 2024 "TARK AI-kiipide heaks" (TaITch).

Rühma liikmete rahvusvahelisel ja riiklikul tasemel olulised tunnustused lõppenud aastal
Riiklikud:

Rahvusvahelised:

2024 Maksim Jenihhin - IEEE Top Picks in VLSI Test and Reliability - The most impactful keynotes and invited presentations from the past six years

Rühma liikmete osalemine TA tegevusega seonduvalt ettevõtete nõustamistes

[Uurimisrühma veebilehe aadress](#)

Eesti keeles

Inglise keeles

3 Usaldusväärsete arvutisüsteemide keskus

Uurimisrühma juht

Jaan Raik, täisprofessor tenuuris, jaan.raik@taltech.ee

Uurimisrühma liikmed

Jaan Raik, Doktor, täisprofessor tenuuris
Gert Jervan, Doktor, täisprofessor tenuuris
Peeter Ellervee, Doktor, abiprofessor tenuuris
Thomas Hollstein, Doktor, kaasatud professor
Masoud Daneshtalab, Doktor, kaasatud professor
Tara Ghasempouri, Doktor, vanemteadur
Lauri Vihman, Magister, doktorant-nooremteadur
Madis Kerner, Magister, insener
Mohammad Hasan Ahmadilivani, Magister, doktorant-nooremteadur
Mohammadreza Heidari Iman, Magister, doktorant-nooremteadur
Ali Azarpeyvand, Doktor, järel doktor-teadur
Abdul Haseeb, Magister, doktorant-nooremteadur
Ali Emre Karatopuk, Kõrgharidus, insener
Marten Roots, Muu, insener
Muhammad Hassan, Magister, doktorant-nooremteadur
Sharjeel Imtiaz, Magister, doktorant-nooremteadur

Võtmesõnad

Eesti keeles

nanoelektronika projekteerimine; töökindlus; turvalisus; verifitseerimine ja test; mitme- ja paljutuumalised süsteemid; närvivõrkude kiirendid

Inglise keeles

nanoelectronics design; reliability; security; verification and test; multi-/many-core systems; reliability of neural network accelerators

Uurimisrühma kompetentside tutvustus

Rühma ülevaade eesti keeles

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

Peamised uurimissuunad on järgnevad: • Tehisintellekti-kiibid (koostöö: ETH Zürich, EC Lyon, Bologna Ülikool); • Riistvara turve (koostöö: Delfti TÜ, LIRMM/Montpellier, Airbus, Frankfurt UAS); • Kihülene usaldusväärsus sensorvõrkudes (koostöö: Testonica Lab OÜ); • Verifitseerimine (omaduste kaevandamine) (koostöö: EPFL/Lausanne, TU Hamburg, Saksa kosmosekeskus DLR); Keskus on mitmete üle-Euroopaliste aktsioonide eestvedaja.

Rühma ülevaade inglise keeles

The research in the Centre for Dependable Computing Systems covers a wide range of topics in the areas of design, reliability, security, verification and testing of nanoelectronic systems (including multi-/many-core systems). The main research activities are the following: • AI Chips (cooperation with ETH Zürich, EC Lyon, University of Bologna); • Hardware security (cooperation with TU Delft, LIRMM/University of Montpellier, Airbus, Frankfurt UAS); • Cross-layer resilience in sensor networks (cooperation with Testonica Lab OÜ); • Verification (assertion mining) (cooperation with EPFL/Lausanne, TU Hamburg, DLR). The centre has been the initiator of several pan-European actions.

Viimaste aastate olulisemad projektid:

PSG837 Tasemete-ülene riistvaralise turvalisuse verifitseerimine poolformaalsete meetoditega 2023 - 2027 <https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/749e78d8-6e23-4ea6-8c93-38fc0f71cddb>

VEU22026IA3 Automaatne masinnägemisel põhineva koostööroboti programmigeneerimismeetodi testimine 2024 - 2024 <https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/e0f26d2b-3775-4d6b-a218-ca5f7fd0b726>

VEU22026IA4 Saku Metall Allhanketehase tarnekindluse parendamise testimine läbi varajase eelhoiatussüsteemi 2024 - 2025 <https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/15f17786-78fc-479d-b69c-359ca6e3baf0>

VEU24030 Kiiptide projekteerimisoskuste tugevdamine Euroopas 2024 - 2028 <https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/3c64c08a-f738-4b0d-9192-14a6e0ff0975>

VFP21031IA Tehisintellekti ohtudest teatamise ja intsidentidele reageerimise süsteem 2022 - 2024 <https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/9c574628-4dcc-4791-9e29-1c79486ff04b>

Viimaste aastate olulisemad artiklid:

Ahmadilivani, Mohammad Hasan; Taheri, Mahdi; Raik, Jaan; Daneshtalab, Masoud; Jenihhin, Maksim (2024). A Systematic Literature Review on Hardware Reliability Assessment Methods for Deep Neural Networks. ACM Computing Surveys, 56 (6), 1–39. DOI: 10.1145/3638242. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/cfc7c362-618b-4f9b-a8d0-c8806acada62>

Taheri, Mahdi; Cherezova, Natalia; Nazari, Samira; Azarpeyvand, Ali; Ghasempouri, Tara; Daneshtalab, Masoud; Raik, Jaan; Jenihhin, Maksim (2024). AdAM: Adaptive Approximate Multiplier for Fault Tolerance in DNN Accelerators. IEEE Transactions on Device and Materials Reliability, 1–11. DOI: 10.1109/TDMR.2024.3523386. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/1523da30-34c8-4ba0-b244-0a0c84e0bf58>

Ahmadilivani, M.H.; Mousavi, S.; Raik, J.; Daneshtalab, M.; Jenihhin, M. (2024). Cost-Effective Fault Tolerance for CNNs Using Parameter Vulnerability Based Hardening and Pruning. Proceedings - 2024 IEEE 30th International Symposium on On-line Testing and Robust System Design, IOLTS 2024. IEEE, 1–7. DOI: 10.1109/IOLTS60994.2024.10616072. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/b4b80ed0-e7bc-4297-8436-233e2441f7d8>

Cherezova, Natalia; Pappalardo, Salvatore; Taheri, Mahdi; Ahmadilivani, Mohammad Hasan; Deveautour, Bastien; Bosio, Alberto; Raik, Jaan; Jenihhin, Maksim (2024). Heterogeneous Approximation of DNN HW Accelerators based on Channels Vulnerability. 2024 IFIP/IEEE 32nd

International Conference on Very Large Scale Integration (VLSI-SoC). IEEE, 1–4. DOI: 10.1109/VLSI-SoC62099.2024.10767798. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/23d37bd0-35f9-4f60-aa8e-d5351cfad4d4>

Selg, Hardi; Shibin, Konstantin; Tsertov, Anton; Jenihhin, Maksim; Ellervee, Peeter; Raik, Jaan (2024). Special Session: In-Field ML-Assisted Intermittent Fault Localization and Management in RISC-V SoCs. 2024 37th IEEE International Symposium on Defect and Fault Tolerance in VLSI and Nanotechnology Systems: DFT'24, Didcot, United Kingdom, October 8th - 10th , 2024. IEEE, 1–6. DOI: 10.1109/DFT63277.2024.10753541. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/3eeadf8e-9431-4966-949f-f7af9fdd8ce4>

Uurimisrühma lõppenud aasta rahvusvahelisel tasemel väljapaistvad teadustulemused

Eesti keeles

2024 a olulisimateks tulemusteks olid:

- * Avaldati maailmatasemel teadustööd tehisintellekti kiirendite töökindluse ning riistvara turbe vallas, s.h. mitmed artiklid tippajakirjades ning maailma juhtival mikroelektroonika konverentsil DATE;
- * Saadi uued teaduskoostöö projektid Chips JU (RIA NextArc) ja Parrot (Prantsuse-Eesti koostöö) raamistikes;
- * Alustati AIRE raamistiku projekte Eesti ettevõtetega Saku Metall ja Skarcon;
- * Käivitus teadus- ja õppe alane koostöö suurkontsernidega ARM ja Siemens;
- * Saadi tipptasemel teaduskonverentsi IEEE European Test Symposium korraldusõigus;
- * Uurimisrühmas kaitses dissertatsiooni 3 doktoranti (L. Vihman, M. Kerner, M. H. Iman).

Inglise keeles

The most significant results of 2024 were:

World-class research works published in the field of reliability of artificial intelligence accelerators and hardware security, including several articles in top journals and at the world's leading microelectronics conference DATE;

New research collaboration projects were received in the Chips JU (RIA NextArc) and Parrot (French-Estonian cooperation) frameworks;

AIRE framework projects were initiated with Estonian companies Saku Metall and Skarcon;

Research and education cooperation with large corporations ARM and Siemens was

launched;

The right to organize the top-level research conference IEEE European Test Symposium was received;

3 doctoral students defended their dissertations in the research group (L. Vihman, M. Kerner, M. H. Iman).

Rühma TA seotus ühiskonnas aktuaalsete probleemidega ning neile lahenduste pakkumisega

Eesti keeles

Uurimisrühm käsitleb ühiskonna jaoks üliolulisi ajakohaseid väljakutseid nagu kiipide väljatöötamine, usaldusväärne tehisintellekt, süsteemide turve ja tervisetehnoloogiad.

Inglise keeles

The research group addresses contemporary challenges of crucial importance to society, such as chip development, reliable artificial intelligence, system security and health technologies.

Info uurimisrühma rakendusliku väljundiga TA kohta

Senised rakendused ettevõtluses, majanduses, ühiskonnas

Uurimisrühm on loonud intellektuaalomandit avatud lähtekoodiga ja vabavara tarkvaralitsentside, riistvara disaini IO ja integraallülituste (kiibid) kujul:

1) Keskuse meeskond projekteerib analoog-digitaal integraallülitust TUTAIP - Tallinna Tehnikaülikooli AI protsessor. Kiip antakse välja tänavu augustis 40 nm tehnoloogias ja see rakendab aegridade masinõppepõhise klassifitseerimise jaoks uudseid algoritme ja arhitektuure.

2) Keskuse meeskond tegeleb koostöös Tartu Ülikooliga autonoomsete putukamõõtu robotite nägemisjuhitava närvikiirendi kiibi VIGOR väljatöötamisega.

3) Keskus haldab zamiaCAD avatud lähtekoodiga skaleeritavat VHDL-navigatsioonitarkvara (<http://zamiacad.sourceforge.net>).

Uurimisrühma TA rakenduskompetentsid ettevõtluskoostöök

Uurimisrühma rakenduskompetentsid ettevõtluskoostöök hõlmavad järgmisi valdkondi:

- * Kiipide ja programmeeritava loogika (FPGA) disain
- * Usaldusväärsete sard-tehisintellekti lahenduste väljatöötamine
- * Arvutisüsteemide riistvara turve
- * Autonoomsete süsteemide projekteerimine

Ettevõtluskoostöö eesmärk

Üheks eesmärgiks on uurimisgrupi leiutiste kommertsialiseerimine. Siin on peamiseks valdkondadeks tehisintellekt ja tervisetehnoloogiad. Samuti soovib uurimisgrupp saada rakendusi oma teadustöök. Sellega seoses algatati AIRE demoprojekt ettevõttega Skarcon OÜ metallkomponentide tootmisprotsessi automatiseerimiseks masinnägemise, robotika ja tehisintellekti abil.

Täiendav info:

Uurimisrühma seotus TalTech TA prioriteetse suunaga (kuni kaks olulisemat suunda):

- 2. Usaldusväärsed IT lahendused
- 1. Targad ja energiatõhusad keskkonnad

Uurimisrühma tegevusega seotud teadusvaldkond – kuni 2 alamvaldkonda Frascati Manuali klassifikaatori alusel ja kuni 3 teaduseriala CERCS klasifikaatori alusel.

Frascati Manuali teadusvaldkonnad:

2.2 Elektrotehnika, elektroonika, infotehnika

1.2 Arvutiteadus ja informaatika

CERCSi teaduserialad:

T171 Mikroelektroonika

T120 Süsteemitehnoloogia, arvutitehnoloogia

P176 Tehisintellekt

Hinnang rühma kasutuses olevale TA taristule (sh kollektsioonid ja andmekogud), piisavus ja seisund

Hinnang seisundile:

Seisundi selgitus:

Uurimisrühmal on juurdepääs maailmatasemel teadusuuringute infrastruktuurile. Ollakse EUROPRACTICE kauaaegne liige ning omatakse nanoelektroonika disaini CAD tarkvara kõigilt suurematelt EDA müüjatelt. Käesoleval aastal alustati liitumisprotsessi ARM Academic programmiga, mis laiendab veelgi kasutatavaid kiibitehnoloogiaid ja projekteerimisvahendeid. Uurimisrühm on võimeline tootma nanokiipe ning 2023 a. alustati uue kiibidisaini projektiga TUTAIP, mis kujutab endast innovatiivset tehisintellekti kiirendit.

Samuti on uurimisrühma kasutada neljal identsel töökohal põhinev täiustatud riistvara arenduslabor, mida saab rakendada prototüüpide ehitamiseks ja riistvarakomponentide analüüsimiseks. Iga töökoht on varustatud täiustatud toiteallikate, jooteaamade, segasignaali ostilloskoopide, digitaalsete multimeetrite, programmeeritavate funktsioonigeneraatorite, signaalanalüsaatoritega. Labor on varustatud ka paljude FPGA arendusplaatidega (Xilinx UltraScale+, Zynq, Virtex, Spartan). Samuti on meeskonnal juurdepääs TalTechi HPC-keskusele koos võimsate GPU-serveritega.

Uurimisrühma liikmete osalus oluliste TA&I-ga seotud välisorganisatsioonide töös lõppenud aastal

Olulistemateks saavutusteks oli valdkonna oluliste rahvusvaheliste teaduskonverentside toomine Eestisse. Uurimisrühm esitas taotluse korraldada konverentsi ETS, mis leiab aset mais 2025 Tallinnas. Prof. J. Raik on konverentsi kaas-üldjuht.

Kolm kõige olulisemat välis- ja kolm kõige olulisemat Eesti koostööpartnerit

Välispartnerid:

- ARM, Ühendkuningriigid
- Politecnico di Torino; Univ. Verona; Univ. Roma; Bologna Ülikool, Itaalia
- Müncheni TÜ; Brandenburgi TÜ; Hamburgi TÜ; Univ. Bremen; Siemens; Intel; Infineon; Cadence; IHP, Saksamaa

Eesti partnerid:

- AIRE keskus
- Tartu Ülikool, tehnoloogiainstituut (ühisjuhendatav doktorant I. Dadras, ühisartiklid), Arvutiteaduse instituut
- Skarcon OÜ

Rühma liikmete TA populariseerimisega seotud tegevused

Aasta jooksul avaldas uurimisrühma juht, prof. Jaan Raik arvamuskäsitlusi ning analüüse Eesti väljavaadetest kiipide valdkonna teaduse ning tööstuse vallas:

<https://novaator.err.ee/1608983252/jaan-raik-kiibidisain-aitaks-saada-eestil-joukaks-tehnoloogiamaks>

<https://www.sirp.ee/s1-artiklid/c21-teadus/nahtamatud-hiiglased/>

Lisaks on Eesti potentsiaalset kiipide valdkonnas ja ka Raiki uurimisrühmast juttu M. Raua artiklis ajakirjas „Diplomaatia“:

<https://diplomaatia.ee/mikk-raud-eestil-on-aeg-oma-kiibipotentsiaal-ellu-aratada/>

Samuti esines Prof. Raik ETV saates "Terevisioon", milles selgitas kiipide teema olulisust ning väljavaateid Eestis.

Rühma liikmete rahvusvahelisel ja riiklikul tasemel olulised tunnustused lõppenud aastal

Riiklikud:

Rahvusvahelised:

Rühma liikmete osalemine TA tegevusega seonduvalt ettevõtete nõustamistes

Prof. Jaan Raik nõustas Majandus ja Kommunikatsiooniministeeriumi kiipide teemal ning korraldas ministeeriumi, ettevõtete ning valdkondliku tööstuse liidu

vahelise ümarlaua. Samuti osales prof. Raik eksperdina Ettevõtluse ja Innovatsiooni Sihtasutuse analüüsis "Süvatehnoloogiate alternatiivsed arengutrajektorid ja nende tähendus Eestile".

[Uurimisrühma veebilehe aadress](#)

Eesti keeles

Inglise keeles

4 Biorobotika keskus

Uurimisrühma juht

Maarja Kruusmaa, täisprofessor tenuuris, maarja.kruusmaa@taltech.ee

Uurimisrühma liikmed

Maarja Kruusmaa, Doktor, täisprofessor tenuuris
Asko Ristolainen, Doktor, vanemteadur
Margit Egerer, Doktor, teadur
Laura Piho, Doktor, teadur
Elizaveta Dubrovinskaya, Doktor, teadur
Roza Gkliva, Doktor, teadur
Simon Pierre Godon, Magister, doktorant-nooremteadur
Jaan Rebane, Magister, insener
Wolf Iring Kösters, Magister, doktorant-nooremteadur
Andres Ernits, Põhi, insener
Yuya Hamamatsu, Magister, doktorant-nooremteadur
Bauyrzhan Zhakanov, Magister, insener
Dimitris Xydianos, magister,
Pavlo Kupyn, ,

Võtmesõnad

Eesti keeles

allveerobotika ja juhtimismeetodid; veealused andurid; liikumine mitmefaasilistes keskkondades; kaardistamine ja navigeerimine

Inglise keeles

underwater robotics and control; underwater sensing; locomotion in multiphase environments; mapping and navigation

Uurimisrühma kompetentside tutvustus

Rühma ülevaade eesti keeles

Keskus on spetsialiseerunud veealuse robotika ning andurite teadus-arendustegevusele. Robotikas on rühma uurimisfookuseks liikumine ning selle kontroll vee all ning mitmefaasilistes keskkondades, kohtades kus konventsionaalsed meetodid ei tööta. Robotikast lähtuvalt keskendume samuti bioloogias inspireeritud tajuvõimete rakendamisele koos tavapäraste robotikas kasutatavate anduritega, tõstmaks meil arendatavate robotite navigeerimisvõimekust. Lisaks robotikarakendustele, otsime oma arendatud bioloogias inspireeritud sensoritele rakendusi looduslike keskkondade hindamiseks (jões, rannikualad jne) Keskuse peamised kompetentsid on:

- Veealuste robotplatvormide arendus ja valmistamine
- Mitmefaasilistes keskkondades liikurmehanismide arendus ja kontroll
- Struktureerimata keskkondades kaardistamine ja navigeerimine
- Veealuste sensorite arendus ja rakendused
- Eksperimentaalne vedeliku dünaamika

Rühma ülevaade inglise keeles

The Centre for Biorobotics specializes in research and development of underwater robotics and sensing. On the robotics side we are focusing on development of locomotion and control in underwater and multiphase environments, where conventional land and underwater platforms are underperforming. In connection with robotics, we are focusing on using bioinspired sensing methods in combination with conventional tools to improve situational awareness and navigation performance of our robots. Apart from robotics, we are also applying the bioinspired sensing methods in water flow sensing in natural environments (rivers, coast etc.). Our core competences are: • Development and manufacturing of underwater robotic platforms. • Robot locomotion and control in multi-phase environments. • Underwater sensing with applications in natural environments • Mapping and navigation of unstructured environments.

Viimaste aastate olulisemad projektid:

VFP22006 Integreeritud digitaalraamistik laiaulatuslikule merenduse andme ja informatsiooniteenustele 2022 - 2025 <https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/ef7735db-bd47-419a-84db-b21403245557>

VFP19025 Kohanemisvõimelised kaevandusrobotid 2019 - 2023
<https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/72a48fa5-b52e-4777-a520-42f883dbbfba>

MNVA22037 Kiiresti muutuvate hüdrodünaamiliste keskkonnatingimustega kohanemine Teravmägede rannikumeres: Teravmägede Ülikoolikeskuse ja Tehnikaülikooli ühisprojekt 2022 - 2023 <https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/cd106232-2db1-4c97-baf3-e3a93aa9871b>

Viimaste aastate olulisemad artiklid:

Kossas, Tanel; Remmas, Walid; Gkliva, Roza; Ristolainen, Asko; Kruusmaa, Maarja (2024). Whisker-Based Tactile Navigation Algorithm For Underground Robots. 2024 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA): 2024 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), Yokohama, Japan, 13-17 May 2024. Yokohama, Japan: IEEE, 13164–13170. DOI: 10.1109/ICRA57147.2024.10610762. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/6f6346f0-e397-4126-8dd2-6829f67d9fd9>

Egerer, M.; Ristolainen, A.; Piho, L.; Vihman, L.; Kruusmaa, M. (2024). Hall Effect Sensor-Based Low-Cost Flow Monitoring Device: Design and Validation. IEEE Sensors Journal, 24, 5, 5986–5997. DOI: 10.1109/JSEN.2024.3354194. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/3cdcc4f3-2668-4788-adfc-27658e3b4539>

Gkliva, R.; Kruusmaa, M. (2022). Soft Fluidic Actuator for Locomotion in Multi-Phase Environments. IEEE Robotics and Automation Letters, 7 (4), 10462–10469. DOI: 10.1109/LRA.2022.3192204. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/fb9e5b73-f688-415a-a491-28636b19272c>

Godon, Simon; Kruusmaa, Maarja; Ristolainen, Asko (2023). Maneuvering on non-Newtonian fluidic terrain: a survey of animal and bio-inspired robot locomotion techniques on soft yielding grounds. Frontiers in Robotics and AI, 10, 1113881. DOI: 10.3389/frobt.2023.1113881. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/03967503-f650-4f6c-9824-7f1ed6f20ebc>

Uurimisrühma lõppenud aasta rahvusvahelisel tasemel väljapaistvad teadustulemused

Eesti keeles

* PIPEON projekt sai rahastuse - TalTechi Biorobotika keskus sai koordinaatorina rahastuse H2020 projektile PIPEON, "Robotika ja tehisintellekt kanalisatsioonitorude kontrollimiseks ja hooldamiseks" (kogurahastus 8 miljonit eurot, <https://cordis.europa.eu/project/id/101189847>). PIPEON arendab robot- ja tehisintellektitehnoloogiaid autonoomseks kanalisatsiooniinspeksiooniks ja hoolduseks, et parandada kanalisatsiooniettevõtete seiresuutlikkust ning vähendada kulusid, võimaldades kanalisatsioonisüsteemi õigeaegset hooldust. Projektis osaleb 12 partnerit seitsmest riigist ning see algab 1. jaanuaril 2025.

* Robotid saavad põdra sõrgadest inspireeritud jalad - TalTechi Biorobotika keskuse doktorant Simon Pierre Godon arendas neljajalgsele robotile jalad, mis on inspireeritud põdra sõrgadest, et parandada liikumist mudasel ja lumisel pinnasel, vähendades vajumist, imemisjõudu ja energiakulu keerulistel maastikel. Töö (<https://dx.doi.org/10.1088/1748-3190/ad839c>) autorid on esitanud ka patenditaotluse antud lahendusele (<https://www.etis.ee/Portal/IndustrialProperties/Display/48cbfb2e-b05d-4ed5-9265-ce5efe1f3f09>) ning antud teadusartikkel on leidnud laialdast kandepinda erinevates rahvusvahelistest meedikanalites (https://portal.taltech.ee/wiki/show/et:applications:portal:news:2024:podrajalse_roboti_uudis_me edias).

Inglise keeles

* PIPEON project got funded - TalTech Centre for Biorobotics received funding as a coordinator for a H2020 Project PIPEON, Robotics and AI for Sewer Pipe Inspection and Maintenance (Total funding 8M€, <https://cordis.europa.eu/project/id/101189847>). PIPEON will develop robotic and AI technologies for autonomous sewer inspection and maintenance to improve monitoring capabilities of sewage companies and reduce costs by allowing timely maintenance of the sewer system. The project includes 12 partners from 7 countries and will kick-off on the first of January 2025.

* Robots Get Moose-Inspired Feet - TalTech Centre for Biorobotics PhD student Simon Pierre Godon developed feet, inspired by moose hooves for quadruped robot to improve movement on mud and snow by reducing sinkage, suction force, and energy use on difficult terrains. The authors of the work (<https://dx.doi.org/10.1088/1748-3190/ad839c>) have also applied for a patent for the solution (<https://www.etis.ee/Portal/IndustrialProperties/Display/48cbfb2e-b05d-4ed5-9265-ce5efe1f3f09>) and the article since its publication has received a notable attention in the world media (https://portal.taltech.ee/wiki/show/et:applications:portal:news:2024:podrajalse_roboti_uudis_me

edias).

Rühma TA seotus ühiskonnas aktuaalsete probleemidega ning neile lahenduste pakkumisega

Eesti keeles

Rühma töö allveekaevanduse uurimise teemal aitab tulevikus kasutusele võtta mahajäetud kaevandusi ning suurendada Euroopa sõltumatust kriitilistest maavaradest.

Uudsed liikumisviisid ja algoritmid robotite juhtimiseks aitavad roboteid tulevikus kasutada keskkondades, kus praegu veel roboteid kasutada ei saa.

Arktikauuringute projekti raames saadi pikad aegread Arktikast, mis aitavad sulgeda nn. jälgimistühimikku (observation gap), sest sisaldavad ka mõõtmisi polaartalvel, merepõhjas ja jää all.

Inglise keeles

The work on the group on exploration of underground environments helps in the future to reuse abandoned mines and thus reduce the dependence of EU of critical minerals.

The novel locomotion mechanisms and sensors will help to send robots into environments where robots so far are not capable of navigating.

The long timeseries from Arctics help to close th so called "observation gap" of polar studies by recording long time series covering the polar night, from the bottom of the sea and under ice.

Info uurimisrühma rakendusliku väljundiga TA kohta

Senised rakendused ettevõtluses, majanduses, ühiskonnas

Uurimisrühma TA rakenduskompetentsid ettevõtluskoostöök

Ettevõtluskoostöö eesmärk

Täiendav info:

Uurimisrühma seotus TalTech TA prioriteetse suunaga (kuni kaks olulisemat suunda):

- 2. Usaldusväärsed IT lahendused
- 1. Targad ja energiatõhusad keskkonnad

Uurimisrühma tegevusega seotud teadusvaldkond – kuni 2 alamvaldkonda Frascati Manuali klassifikaatori alusel ja kuni 3 teaduseriala CERCS klasifikaatori alusel.

Frascati Manuali teadusvaldkonnad:

- 2.2 Elektrotehnika, elektroonika, infotehnika
- 1.5 Maateadused ja nendega seotud keskkonnateadused

CERCSi teaduserialad:

- T121 Signaalitöötlus
- T125 Automatiseerimine, robotika, control engineering
- T181 Kaugseire

Hinnang rühma kasutuses olevale TA taristule (sh kolleksioonid ja andmekogud), piisavus ja seisund

Hinnang seisundile:

Seisundi selgitus:

Flume tank with the working section 0.5 x 0.5 x 1 m with PIV analysis and flow speeds up to 0.5 m/s. Various robotic platforms, electronics and mechanics workshops, fieldwork capability underwater, at sea and in Arctics.

Uurimisrühma liikmete osalus oluliste TA&I-ga seotud välisorganisatsioonide töös lõppenud aastal Maarja Kruusmaa on Euroopa Liidu peateadusnõustaja

Maarja Kruusmaa on TANI liige

Maarja Kruusmaa on sellest aastast alates Põhjamaade ülikoolide võrgustiku
NORDTEK president

Kolm kõige olulisemat välis- ja kolm kõige olulisemat Eesti koostööpartnerit

Välispartnerid:

- NTNU, Norwegian University of Science and Technology
- Montpellier Ülikool
- Tampere Ülikool; Madridi Polütehnikum; Bergen Ülikool; Oslo Ülikool; Teravmägede ülikoolikeskus

Eesti partnerid:

-
-
-

Rühma liikmete TA populariseerimisega seotud tegevused

<https://arvamus.postimees.ee/7895282/fookus-odavrobotika-levik-muudab-lahinguvalja-ja-relvaturgu>

<https://arvamus.postimees.ee/7895282/fookus-odavrobotika-levik-muudab-lahinguvalja-ja-relvaturgu>

E

[<https://arvamus.postimees.ee/7895282/fookus-odavrobotika-levik-muudab-lahinguvalja-ja-relvaturgu>]kspertarvamus
robotikast sõjapidamises

<https://arvamus.postimees.ee/7895282/fookus-odavrobotika-levik-muudab-lahinguvalja-ja-relvaturgu>

<https://arvamus.postimees.ee/7895282/fookus-odavrobotika-levik-muudab-lahinguvalja-ja-relvaturgu>

Maarja Kruusmaa avalikud esinemised ja arvamuslood kriisijuhtimise teemadel

[<https://arvamus.postimees.ee/7895282/fookus-odavrobotika-levik-muudab-lahinguvalja-ja-relvaturgu>]

<https://arvamus.postimees.ee/7895282/fookus-odavrobotika-levik-muudab-lahinguvalja-ja-relvaturgu>

<https://teadus.postimees.ee/7799509/vaata-otse-eesti-tippeadlane-esineb-neljapaeval-euroopa-suurel-kriisiteemalisel-sumpoosionil>

[<https://arvamus.postimees.ee/7895282/fookus-odavrobotika-levik-muudab-lahinguvalja-ja-relvaturgu>]

<https://arvamus.postimees.ee/7895282/fookus-odavrobotika-levik-muudab-lahinguvalja-ja-relvaturgu>

<https://arvamus.postimees.ee/7689865/ak-fookus-maarja-kruusmaa-sailenotkusesse-panustamine->

tagab-uhiskonna-toimimise-mistahes-olukorras

[<https://arvamus.postimees.ee/7895282/fookus-odavrobotika-levik-muudab-lahinguvalja-ja-relvaturgu>]

<https://arvamus.postimees.ee/7895282/fookus-odavrobotika-levik-muudab-lahinguvalja-ja-relvaturgu>

<https://arvamus.postimees.ee/7689838/ak-fookus-maarja-kruusmaa-luhike-opetus-kriisijuhtidele>
[<https://arvamus.postimees.ee/7895282/fookus-odavrobotika-levik-muudab-lahinguvalja-ja-relvaturgu>]

Meedias kajastatud doktoriväitekirjad

<https://arvamus.postimees.ee/7895282/fookus-odavrobotika-levik-muudab-lahinguvalja-ja-relvaturgu>

<https://tehnika.postimees.ee/7728326/ujuvad-koos-kaladega-eestis-tehtud-robotid-aitavad-uurida-veealust-elu>

[<https://arvamus.postimees.ee/7895282/fookus-odavrobotika-levik-muudab-lahinguvalja-ja-relvaturgu>]

<https://arvamus.postimees.ee/7895282/fookus-odavrobotika-levik-muudab-lahinguvalja-ja-relvaturgu>

<https://novaator.err.ee/1609194445/doktoritoo-aitab-droone-kuulekamaks-muuta>

[<https://arvamus.postimees.ee/7895282/fookus-odavrobotika-levik-muudab-lahinguvalja-ja-relvaturgu>]

<https://arvamus.postimees.ee/7895282/fookus-odavrobotika-levik-muudab-lahinguvalja-ja-relvaturgu>

Maarja Kruusmaa avalikud esinemised peateadusnõustajana kriisijuhtimise teemadel erinevates otsustuskogudes, konverentsidel ning EU ametkondades (näit Londoni Kuninglikus Akadeemias, Euroopa suurimal majanduskonverentsil Rencontres Économiques, Sisekaitseakadeemias, Euroopa Parlamendi komisjonides jne).

<https://arvamus.postimees.ee/7895282/fookus-odavrobotika-levik-muudab-lahinguvalja-ja-relvaturgu>

<https://arvamus.postimees.ee/7895282/fookus-odavrobotika-levik-muudab-lahinguvalja-ja-relvaturgu>

<https://arvamus.postimees.ee/7895282/fookus-odavrobotika-levik-muudab-lahinguvalja-ja-relvaturgu>

relvaturgu

<https://arvamus.postimees.ee/7895282/fookus-odavrobotika-levik-muudab-lahinguvalja-ja-relvaturgu>

Väärikate Ülikool. Robotitest ja birobotikast. Asko Ristolainen.

<https://www.facebook.com/aasmaekyla/photos/t%C3%A4na-on-meie-majas-lausa-220-usinat-v%C3%A4%C3%A4rikas-eas-%C3%B5ppijat-v%C3%A4%C3%A4rikate-%C3%BClikool-alust/1059734872827865/>,

<https://ut.ee/et/sisu/vaarikate-ulikool-saue-vallas>

<https://arvamus.postimees.ee/7895282/fookus-odavrobotika-levik-muudab-lahinguvalja-ja-relvaturgu>

<https://arvamus.postimees.ee/7895282/fookus-odavrobotika-levik-muudab-lahinguvalja-ja-relvaturgu>

<https://arvamus.postimees.ee/7895282/fookus-odavrobotika-levik-muudab-lahinguvalja-ja-relvaturgu>

Rühma liikmete rahvusvahelisel ja riiklikul tasemel olulised tunnustused lõppenud aastal
Riiklikud:

Rahvusvahelised:

Maarja Kruusmaa pälvis Prantsuse riigi ordeni "Akadeemilised Palmioksad" ning rüütlikraadi Prantsuse ja Eesti teaduskoostöö ning kultuurisuhete arendamise eest.

Rühma liikmete osalemine TA tegevusega seonduvalt ettevõtete nõustamistes

Uurimisrühma veebilehe aadress

Eesti keeles

Inglise keeles

<https://taltech.ee/en/biorobotics>

5 Keskkonnaseire tehnoloogiate keskus

Uurimisrühma juht

Jeffrey Andrew Tuhtan, kaasprofessor tenuuris, jeffrey.tuhtan@taltech.ee

Uurimisrühma liikmed

Jeffrey Andrew Tuhtan, Doktor, kaasprofessor tenuuris

Gert Toming, Doktor, teadur

Konstantin Bilozor, Magister, tööstusdoktorant

Jürgen Soom, Magister, doktorant-nooremteadur

Elizaveta Dubrovinskaya, Doktor, teadur

Jaan Rebane, Magister, insener

Andres Ernits, Põhi, insener

Aleksandr Ivanov, Magister, tarkvarainsener

Alexandra Kolosova, Magister, projektijuht

Helena Carmen Udu, , projektiassistent

Michael James Crooks, Kõrgharidus, tarkvarainsener

Võtmesõnad

Eesti keeles

hüdroenergia; allveeseire; arvutinägemine; avatud valitsuse andmed

Inglise keeles

hydropower; underwater sensing; computer vision; open government data

Uurimisrühma kompetentside tutvustus

Rühma ülevaade eesti keeles

Keskkonnaseire tehnoloogiate keskus on spetsialiseerunud ekstreemsetes keskkondades mõõtmisteks mõeldud vastupidavate multimodaalsete sensorite arendamisele ja kasutamisele, andmepõhisele modelleerimisele ning öko- ja etohüdraulikale. Uurimisrühma põhipädevused on: • Veealune mõõtmine ekstreemsetes keskkondades, sealhulgas hüdroelektrijaamades, jõgedes, rannikualadel ja liustikes. • Reaalajas signaalitöötlus vastupidavate ja usaldusväärsete mitmemodaalsete autonoomsete sensorite jaoks • Andmepõhine modelleerimine ja välisandurite võrgu andmete assimileerimine numbriliste mudelitega • Öko- ja etohüdrauliline mõõtmine ja modelleerimine, keskendudes kaladele ja hüdroenergiale. • Veealused multispektraalsed kaamerad ja automatiseeritud nägemismeetodid tuvastamiseks ja jälgimiseks ebasoodsas keskkonnas

Rühma ülevaade inglise keeles

The Centre for Environmental Sensing and Intelligence is specialized in the development and deployment of rugged multi-modal sensors for measurements in extreme environments, data-driven modelling and eco- and ethohydraulics. Core competences of the centre are: • Underwater sensing in extreme environments including hydropower turbines, rivers, coastlines and glaciers. • Real-time

signal processing for rugged and reliable multi-modal autonomous sensors. • Data-driven modeling and assimilation of outdoor sensor network data with numerical models. • Eco- and ethohydraulic sensing and modelling, with a focus on fish and hydropower. • Underwater multispectral cameras and automated vision methods for detection and tracking in adverse environments.

Viimaste aastate olulisemad projektid:

PRG2198 MultiFlow - Mitmemastaabiline looduslike veevoolude mõõtmine rannikualadele ja jõgedele 2024 - 2028 <https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/e0bb24b0-8e6d-410d-8c93-57deeb7b6866>

Viimaste aastate olulisemad artiklid:

Bruneel, Stijn; Pauwels, Ine S.; Broos, Sarah; Vandamme, Lore; Van Wichelen, Jeroen; Coeck, Johan; Toming, Gert; Tuhtan, Jeffrey A.; Buysse, David (2024). A fish-friendly axial flow pump turns out to be eel safe, roach unfriendly and bream unsafe. Scientific Reports, 14 (1), 1–18. DOI: 10.1038/s41598-024-81095-6. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/e5f9bb89-6e3f-4350-a21d-f9a73abe8c02>

Uurimisrühma lõppenud aasta rahvusvahelisel tasemel väljapaistvad teadustulemused

Eesti keeles

Reaalajas veealuse arvutinägemise meetodid objektide tuvastamiseks, klassifitseerimiseks ja jälgimiseks

Vastupidavad veealused andurid rõhu, kiirenduse ja pöörlemise mõõtmiseks pumpades ja hüdroelektrijaamades.

Uudsed reaalajas töötavad algoritmid mikrokontrollerite jaoks, et võtta andmeid minimaalse energiatarbimise ja andmesalvestusega.

Inglise keeles

Real-time underwater computer vision methods for object detection, classification and tracking

Rugged underwater sensors to measure pressure, acceleration and rotation in pumps and hydropower turbines

Novel real-time algorithms for microcontrollers to sample data with minimal energy consumption and data storage

Rühma TA seotus ühiskonnas aktuaalsete probleemidega ning neile lahenduste pakkumisega

Eesti keeles

Arvutuslikult kergete algoritmide väljatöötamine, et ühendada linnade õhukvaliteedi globaalsete numbriliste mudelite ja statsionaarsete õhukvaliteedi seireplatvormide andmed. Jätakuvalt täiustatakse vastupidavaid veealuseid andureid, mis võivad asendada elusat kala, et hinnata vigastuste ja suremuse ohtu enam kui 1 miljoni Euroopa jõetõkke läbimisel.

Inglise keeles

Development of computationally lightweight algorithms to combine data from global numerical models of urban air quality and stationary platforms for monitoring air quality. Continued improvement of rugged underwater sensors which can replace live fish to assess the risk of injury and mortality when passing through the more than 1 million European river barriers.

Info uurimisrühma rakendusliku väljundiga TA kohta

Senised rakendused ettevõtluses, majanduses, ühiskonnas

We have commercialized and licensed underwater cameras for freshwater observations up to 30 m water depth. In addition we carry out commercial R&D projects for hydropower companies and pump companies to assess the risk of injury and mortality to fish.

A link to the product is here:

<https://iamhydro.com/en/fischmonitoring/hydrocam/>

We do not request nor advocate for "commercial services" as a research group to be promoted by the university as such, because outside of our group, the personnel of the university are not in any way familiar with our activities and cannot promote them or administer our commercial technologies in a

professionally competent or scientifically meaningful way.

Uurimisrühma TA rakenduskompetentsid ettevõtluskoostöök

We carry out field work, data processing and reporting for hydropower and pump manufacturing companies to assess the risk of injury and mortality of fish.

Minimum contract amount is currently 25k EUR, the maximum contract amount thusfar has been ca. 100k EUR. As Estonia is a negligible market for this type of commercial work due to it's small amount of hydropower and a low need for pumping stations, the research group's focus in Estonia is rather one of a technology developer, where implementation is performed by necessity outside of Estonia.

Ettevõtluskoostöö eesmärk

Luaa sensori füüsilised prototüübid

Arendada sissehitatud tarkvara kergekaalulise andmetöötuse jaoks

Täiendav info:

Uurimisrühma seotus TalTech TA prioriteetse suunaga (kuni kaks olulisemat suunda):

- 2. Usaldusväärsed IT lahendused
- 1. Targad ja energiatõhusad keskkonnad

Uurimisrühma tegevusega seotud teadusvaldkond – kuni 2 alamvaldkonda Frascati Manuaali klassifikaatori alusel ja kuni 3 teaduseriala CERCSi klassifikaatori alusel.

Frascati Manuaali teadusvaldkonnad:

- 1.2 Arvutiteadus ja informaatika
- 1.5 Maateadused ja nendega seotud keskkonnateadused

CERCSi teaduserialad:

- T121 Signaalitöötlus

T110 Instrumentatsioonitehnoloogia
T270 Keskkonnatehnoloogia, reostuskontroll

Hinnang rühma kasutuses olevale TA taristule (sh kolleksioonid ja andmekogud), piisavus ja seisund

Hinnang seisundile:

väga hea

Seisundi selgitus:

Underwater sensors for measuring water pressure, acceleration, magnetic field intensity and rate of rotation. Our data are a mixture of publicly available scientific research as well as closed data, as they contain proprietary information from large energy providers and cannot be shared or made available online.

Uurimisrühma liikmete osalus oluliste TA&I-ga seotud välisorganisatsioonide töös lõppenud aastal

The PI has been elected to the EU's ETIP Hydropower Governing Board and is also one of three European representatives of the IAHR Ecohydraulics Leadership Team and is also an Estonian EVS representative for ISO / CEN standards related to water quality.

Kolm kõige olulisemat välis- ja kolm kõige olulisemat Eesti koostööpartnerit Välispartnerid:

- Federal Institute of Hydrology, Germany
- SINTEF Energy, Norway
- University of Grenoble, France

Eesti partnerid:

- Eesti Maaülikool, Põllumajandus- ja keskkonnainstituut
- RightStep Health OÜ
- ALK-Technic OÜ

Rühma liikmete TA populariseerimisega seotud tegevused

LinkedIn posts, media releases in host countries related to our field work.

Rühma liikmete rahvusvahelisel ja riiklikul tasemel olulised tunnustused lõppenud aastal
Riiklikud:

ei ole

Rahvusvahelised:

International Drone Pioneer Award

Rühma liikmete osalemine TA tegevusega seonduvalt ettevõtete nõustamistes

We provide expert analysis on fish safety of hydropower turbines and pumping stations. In addition, we also create custom computer vision solutions for underwater cameras for object detection, classification and tracking.

Uurimisrühma veebilehe aadress

Eesti keeles

<https://taltech.ee/en/environmental-sensing-and-intelligence-group>

Inglise keeles

<https://taltech.ee/en/environmental-sensing-and-intelligence-group>

6 Arukate süsteemide keskus

Uurimisrühma juht

Eduard Petlenkov, täisprofessor tenuuris, eduard.petlenkov@taltech.ee

Uurimisrühma liikmed

Eduard Petlenkov, Doktor, täisprofessor tenuuris
Kristina Vassiljeva, Doktor, dotsent
Kadri Umbleja, Doktor, insener
Aleksi Tepljakov, Doktor, vanemteadur
Komeil Nosrati, Doktor, ekspert
Azer Ramazanli, Magister, doktorant-nooremteadur
Vitali Vansovitš, Doktor, teadur
Hossein Alimohammadi, Magister, doktorant-nooremteadur
Maksimilian Tarasevich, Magister, tööstusdoktorant
Ahmet Köse, Doktor, insener
Abiodun Emmanuel Onile, Magister, doktorant-nooremteadur
Olutosin Ajibola Ademola, Magister, doktorant-nooremteadur
Vjatšeslav Škiparev, Magister, doktorant-nooremteadur
Saleh Ragheb Saleh Alsaleh, Doktor, insener
Sofia Vasman, Magister, doktorant-nooremteadur
Altamash Jawad Chaudry, Magister, insener
Majid Ghorbani, Magister, doktorant-nooremteadur
Ivan Sukhanov, Magister, tööstusdoktorant
Konstantin Panfilov, Magister,

Võtmesõnad

Eesti keeles

juhtimissüsteemid; dünaamiliste süsteemide modelleerimine; tehisintellekti meetodid; masinõpe; adaptiivsed ja iseõppivad süsteemid; liitreaalsus; digitaalsed kaksikud; energiaefektiivne juhtimine

Inglise keeles

control; modelling of dynamic systems; computational intelligence; machine learning; adaptive and self-learning systems; extended reality; digital twins; energy efficient control

Uurimisrühma kompetentside tutvustus

Rühma ülevaade eesti keeles

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; • Digitaalsed kaksikud; • Energiaefektiivne juhtimine; • Hoonete tehnosüsteemide juhtimine, modelleerimine ja analüüs. Põhifookuseks on uute efektiivsete juhtimismeetodite väljatöötamine ja realiseerimine uue põlvkonna tööstuse (Tööstus 4.0) rakendustes, uurimistöö baseerub klassikaliste tööstuskontrollerite integreerimisel teadmispõhiste meetoditega. Veebileht:

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

Rühma ülevaade inglise keeles

The core competences of the Centre for Intelligent Systems 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; • Data analysis; • Development of research software; • Virtual and Augmented Reality applications; • Digital twins; • Energy efficient control; • Buildings automation, modelling and performance analysis. 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.

Viimaste aastate olulisemad projektid:

PRG658 Arukad juhtimismeetodid Tööstus 4.0 jaoks 2020 - 2024

<https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/79982ae6-2af4-477d-9909-b056b5771dad>

TF24019IA Energiatõhususe tipkeskus 2024 - 2030

<https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/bcad9ee8-fb35-4c49-9265-14402667119d>

TEM-TA78 Hoonete energiasäästu- ja paindlikustehnoloogiate potentsiaali ning rakendamise mõju andmepõhine hindamine 2024 - 2028 <https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/12c98a80-9a09-44cb-8efa-3b44808f7556>

VHE23048 ENFIELD: European Lighthouse to Manifest Trustworthy and Green AI 2023 - 2026

<https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/d5aa12f0-53fb-43e0-a839-88278a4d413d>

VERT22015 Läbivad oskused rakenduslikus tehisintellektis 2022 - 2025

<https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/59b398bb-f9b2-4b98-8094-0c9d52b52897>

Viimaste aastate olulisemad artiklid:

Nosrati, Komeil; Belikov, Juri; Tepljakov, Aleksei; Petlenkov, Eduard (2024). Revisiting LQR problem of singular systems. IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica, 11 (11), 2236–2252. DOI:

10.1109/JAS.2024.124665. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/b4b480c2-2845-4806-852e-2a6e4d855da5>

Onile, Abiodun E.; Belikov, Juri; Levron, Yoash; Petlenkov, Eduard (2023). Energy efficient behavior modeling for demand side recommender system in solar microgrid applications using multi-agent reinforcement learning model. Sustainable Cities and Society, 90, Art. no. 104392–20 pp. DOI:

10.1016/j.scs.2023.104392. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/12f6f73c-4e65-4cba-8bc2-3e0736cdd44a>

Ghorbani, Majid; Tepljakov, Aleksei; Petlenkov, Eduard (2024). On Robust Stability of Uncertain Control Systems With Time Delay: An Approach Based on the Overlap of Value Sets. IEEE

Transactions on Automatic Control, 69 (9), 6349–6356. DOI: 10.1109/TAC.2024.3381912.
<https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/34ee4d95-53d3-426b-b57d-20e4b9a9121c>

Onile, Abiodun; Machlev, Ram; Petlenkov, Eduard; Levron, Yoash; Belikov, Juri (2021). Uses of the digital twins concept for energy services, intelligent recommendation systems, and demand side management: A review. Energy Reports, 7, 997–1015. DOI: 10.1016/j.egy.2021.01.090.
<https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/6ddff304-a924-4093-89f1-4e3a7b6e6943>

Nosrati, Komeil; Belikov, Juri; Tepljakov, Aleksei; Petlenkov, Eduard (2023). Extended fractional singular Kalman filter. Applied Mathematics and Computation, 448, 127950. DOI: 10.1016/j.amc.2023.127950. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/703c1f01-c694-420c-ae0a-7a4e034b7038>

Uurimisrühma lõppenud aasta rahvusvahelisel tasemel väljapaistvad teadustulemused

Eesti keeles

[EST]

Uurimisgruppi põhifookuseks on uute efektiivsete juhtimismeetodite väljatöötamine. Uurimistöö baseerub klassikaliste tööstuskontrollerite integreerimisel teadmispõhiste meetoditega.

Kõige olulisemateks teadustulemuseteks on välja pakutud uudsed andmepõhised algoritmid juhtimissüsteemide analüüsiks ja sünteesiks, mis võtavad arvesse üksikute sõltumatult juhitavate elementide keerulisi vastastikuseid seoseid.

Uurimisgruppi ettevõtlustegevuste fookuseks on energiatõhusad juhtimisalgoritmid ja targad IT lahendused hoonete energiaefektiivsuse tõstmiseks.

[ENG]

Control algorithms is one the most important factors influencing efficiency of technical systems. The research group addresses one of the main challenges of the future control systems: data-driven control design for rapidly changing environments that will be able to increase efficiency and reduce energy consumption, emissions and pollution.

The main research results of the group lie in the field of modelling and control of complex processes. They include machine learning algorithms for prediction and optimization, self-learning and adaptation methods in control systems, fractional-order modelling and control, distributed and remote control systems, digital twins of dynamic processes using combination of mathematical models and extended reality. Scientific results are implemented in open access software that is available online on Mathworks File Exchange and GitHub-is for MATLAB and Python. The main application areas are energy efficient control systems and buildings automation, modelling and performance analysis.

Inglise keeles

Control algorithms is one the most important factors influencing efficiency of technical systems. The research group addresses one of the main challenges of the future control systems: data-driven control design for rapidly changing environments that will be able to increase efficiency and reduce energy consumption, emissions and pollution.

The main research results of the group lie in the field of modelling and control of complex processes. They include machine learning algorithms for prediction and optimization, self-learning and adaptation methods in control systems, fractional-order modelling and control, distributed and remote control systems, digital twins of dynamic processes using combination of mathematical models and extended reality. Scientific results are implemented in open access software that is available online on Mathworks File Exchange and GitHub-is for MATLAB and Python. The main application areas are energy efficient control systems and buildings automation, modelling and performance analysis.

[Rühma TA seotus ühiskonnas aktuaalsete probleemidega ning neile lahenduste pakkumisega](#)

Eesti keeles

Koostöös ettevõttega R8 Technologies OÜ, uurimisgruppi teadustulemused on rakendatud hoonete tehnosüsteemide energiatõhusaks juhtimiseks 20 euroopa riigis

Inglise keeles

In cooperation with the company R8 Technologies, research results of the group are applied for energy efficient control of commercial buildings in 20 European countries.

Info uurimisrühma rakendusliku väljundiga TA kohta

Senised rakendused ettevõtluses, majanduses, ühiskonnas

Tehisintellektil põhineva digitaalsete kaksikute rakenduse suudab ennustada energiatarbimist ning pakkuda tõhusaid lahendusi energia säästmiseks

TalTechi teadlased näitasid Dubais innovatsiooni tipptaset, Detsember 2023

<https://taltech.ee/uudised/taltech-teadlased-naitasid-dubais-innovatsiooni-tipptaset?fbclid=IwAR3Yh5jG6Gs-YQjTrmE83W0fk25kD9F9Jrzf4Mgd00Wkmo06y4lvwKgJuno>

Uurimisrühma TA rakenduskompetentsid ettevõtluskoostöök

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;
- * Digitaalsed kaksikud;
- * Energiaefektiivne juhtimine;

Hoonete tehnosüsteemide juhtimine, modelleerimine ja analüüs.

Ettevõtluskoostöö eesmärk

Uurimisgrupp teeb koostööd ettevõtluspartneritega. Näiteks, Valmet Automation OY, Eesti Energia, Alexela, R8 Technologies jne.

Alates 2023. aastast osaleb Horizon Europe projektis "ENFIELD: European Lighthouse to Manifest Trustworthy and Green AI", mille partneriteks on rohkem kui 10 ettevõtet üle kogu Euroopa.

Täiendav info:

Uurimisrühma seotus TalTech TA prioriteetse suunaga (kuni kaks olulisemat suunda):

- 2. Usaldusväärsed IT lahendused
- 1. Targad ja energiatõhusad keskkonnad

Uurimisrühma tegevusega seotud teadusvaldkond – kuni 2 alamvaldkonda Frascati Manuaali klassifikaatori alusel ja kuni 3 teaduseriala CERCS klasifikaatori alusel.

Frascati Manuaali teadusvaldkonnad:

2.2 Elektrotehnika, elektroonika, infotehnika

CERCSi teaduserialad:

P170 Arvutiteadus, arvutusmeetodid, süsteemid, juhtimine (automaatjuhtimisteooria)

P176 Tehisintellekt

Hinnang rühma kasutuses olevale TA taristule (sh kollektsioonid ja andmekogud), piisavus ja seisund

Hinnang seisundile:

Seisundi selgitus:

Uurimisrühma (Artukate süsteemide keskuse) koosseisu kuulud automaatjuhtimise õppe- ja teaduslabor. Taristu regulaarselt uuendatakse. Uurimisgruppi kasutuses on ka teadustöö läbiviimiseks vajalikud andmekogud koostööpartneritelt (tööstus ja eraettevõtted).

Uurimisrühma liikmete osalus oluliste TA&I-ga seotud välisorganisatsioonide töös lõppenud aastal

Eduard Petlenkov on

IFAC (International Federation of Automatic Control) tehnilise komitee
(Computational Intelligence in Control) liige

Eduard Petlenkov, Aleksei Tepļjakov, Ahmet Köse, Saleh Ragheb Saleh Alsaleh,
Majid Ghordani, Komeil Nosrati, Hossein Alimohammadi, Azer Ramazanli

on IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) liikmed.

Kolm kõige olulisemat välis- ja kolm kõige olulisemat Eesti koostööpartnerit

Välispartnerid:

- Norwegian University of Science and Technology, NTNU, Department of Information (Security and Communication Technology)
- Israel Institute of Technology, Faculty of Electrical Engineering
- Delft University of Technology, Department of Mechatronic Systems Design, Delft, Netherlands

Eesti partnerid:

- R8 Technologies OÜ
- Valmet Automation OY
- Kliimaministeerium

Rühma liikmete TA populariseerimisega seotud tegevused

Postimees, September 2024

Eesti tehisaru teadlased: tulevikus «mõistab» maja elaniku mõtteid ja soove:

<https://teadus.postimees.ee/8099095/eesti-tehisaru-teadlased-tulevikus-moistab-maja-elaniku-motteid-ja-soove>

ETV+, Aprill 2024

<https://jupiterpluss.err.ee/1609320855/chat-boty-narushajut-process-obuchenija-v-universitetah>

Ajakiri RUP, Jaanuar 2024

Tehisintellekt rohepöörde eesmärkide teenistuses

<https://www.rup.ee/ajakirja-lood/tehisintellekt-rohepoorde-eesmarkide-teenistuses>

ETV+, Jaanuar 2024

<https://jupiterpluss.err.ee/1609223739/razrobotana-programma-audita-jenergojefektivnosti-zdanij-v-rezhime-realnogo-vremeni>

Rühma liikmete rahvusvahelisel ja riiklikul tasemel olulised tunnustused lõppenud aastal
Riiklikud:

Rahvusvahelised:

Rühma liikmete osalemine TA tegevusega seonduvalt ettevõtete nõustamistes
Eduard Petlenkov:

Eesti Teadusagentuuri arendusgrantide ekspertkomisjoni esimees

Eesti Standardimis- ja Akrediteerimiskeskus tehnilise komitee EVS/TK 82
"Tehisintellekt" esimees

IKT Kutsenõukogu liige

ABB ja TTÜ koostöönõukoja liige

IFAC (International Federation of Automatic Control) tehnilise komitee
(Computational Intelligence in Control) liige

Eesti Süsteemiinseneride Seltsi liige

IEEE liige

Aleksei Tepljakov:

IEEE Estonia Section Education Chapter - aseesimees

IEEE Estonia Section Young Professionals Affinity Group - esimees

Uurimisrühma veebilehe aadress

Eesti keeles

<https://cis.ttu.ee/>

Inglise keeles

<https://cis.ttu.ee/>

7 Sardtehisintellekti labor

Uurimisrühma juht

Mairo Leier, vanemteadur, mairo.leier@taltech.ee

Uurimisrühma liikmed

Mairo Leier, Doktor, vanemteadur

Uljana Reinsalu, Doktor, teadur

Karl Janson, Doktor, teadur

Olutosin Ajibola Ademola, Magister, doktorant-nooremteadur

Jürgen Soom, Magister, doktorant-nooremteadur

Can Ersü, Magister, doktorant-nooremteadur

Tatsuki Ishikawa, Kõrgharidus, õppeassistent

Jüri Bogatkin, Magister, insener

, Muu, õppetöö assistent

Mohamed Nazrul Mohamed Nazeer, Magister, doktorant-nooremteadur

, Magister, tarkvaraarendaja

Võtmesõnad

Eesti keeles

sardsüsteemide disain; sardtarkvara masinõpe; signaalitöötlus; äärearvutus; sensori info kokku sidumine

Inglise keeles

embedded machine learning; edge computing; embedded systems design; signal processing

Uurimisrühma kompetentside tutvustus

Rühma ülevaade eesti keeles

Sardtehisintellekti labor keskendub masinõppe lahenduste arendamisele sardsüsteemides. Labor teeb rahvusvaheliselt koostööd nii merenduse, meditsiini, targa linna, autonoomsete sõidukite, katsetööstuse ja tööstusautomaatika teadusgruppide ja ettevõtetega. Põhifookus on merenduse ja mobiilsusega seotud valdkonnad. Põhikompetentsid: • sardriistvara disain ja prototüüpimine, • masinõppemudelite optimeerimine sardriistvarale, • mobiilsete sensorite arvutustehnoloogiad, • pildi- ja videotöötlus sardriistvaral

Rühma ülevaade inglise keeles

The Embedded AI Research Lab focuses on developing and optimizing machine learning solutions in the embedded systems (edge computing). The laboratory collaborates internationally with research teams and companies from the maritime, smart city, autonomous vehicles, defence and industrial automation sectors. Main focus is on maritime and mobility solutions. Core competencies: • Embedded hardware design and prototyping; • Machine learning model optimization for embedded hardware; • Hardware accelerators for edge computing; • Image and video processing on edge devices; • Radar and vision sensor fusion.

Viimaste aastate olulisemad projektid:

VA20069 RORO laevanduse keskkonnasäästlikkus läbi digitaalse innovatsiooni 2020 - 2024
<https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/53810e68-4831-4764-a26c-edd7b81b2688>

LIAEE23083 Autonoomsete robotlaevade tehisintellektil põhinevate navigeerimise algoritmide testimine 2023 - 2026 <https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/f47a4ca3-16eb-4aab-b9bf-01c15c39a001>

VEU22026IA1 Autonoomse laeva andurite fusioon ja tehiskapteni algoritmid 2023 - 2023
<https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/3639cb5f-b9c1-450d-b113-8cd8f1be6830>

Viimaste aastate olulisemad artiklid:

Soom, Jürgen; Leier, Mairo; Janson, Karl; Tuhtan, Jeffrey A. (2024). Open Urban mmWave Radar and Camera Vehicle Classification Dataset for Traffic Monitoring. IEEE Access, 12, 65128–65140. DOI: 10.1109/ACCESS.2024.3397013. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/fcaeea8d-1272-4b03-9793-9ea3d4899ead>

Ersü, Can; Petlenkov, Eduard; Janson, Karl (2024). A Systematic Review of Cutting-Edge Radar Technologies: Applications for Unmanned Ground Vehicles (UGVs). Sensors, 24 (23), #7807. DOI: 10.3390/s24237807. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/c006cb1a-d938-47f9-9b6b-74d28d49d589>

Ersü, Can; Janson, Karl; Petlenkov, Eduard; Reinsalu, Uljana (2024). Automatic Visual Traffic Sign Damage Detection And Measurement of Damaged Area. (ICARCV 2024) : Conference proceedings: 2024 18th International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision, ICARCV 2024, Dubai, United Arab Emirates, 12-15 Dec. 2024. IEEE, 505–510.
<https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/7f369e04-348c-47ea-966c-9bebe1999728>

Robal, Tarmo; Reinsalu, Uljana; Leoste, Janika; Jürimägi, Lembit; Heinsar, Risto (2024). Teaching Rapid Application Development Skills for Digitalisation Challenges. In: Digital Business and Intelligent Systems. (177–192). Springer, Cham. (Communications in Computer and Information Science; 2157). DOI: 10.1007/978-3-031-63543-4_12. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/b39f3a63-8522-497c-aca4-cadc45889ffa>

Uurimisrühma lõppenud aasta rahvusvahelisel tasemel väljapaistvad teadustulemused

Eesti keeles

"Green RORO shipping through digital innovation" projekti edukas lõpetamine, mis on viinud ühe doktorandi kaitsmise lähedale. Droonide riistvaralise platvormi arendamine GNSS-iga keelatud keskkonnas lokaliseerimise katsete läbiviimiseks täpsete lokaliseerimisviidete abil, mida on samuti kasutatud NATO rahastatud projektis „UAV Mosquito Fleet for Smart Swarm Operations“.

Inglise keeles

* Successful finishing of "Green RORO shipping through digital innovation" project that also has lead one PhD student close to the defence.

* Development of a drone hardware platform to perform localization experiments in GNSS denied environment with precise localization reference information, also used in a NATO funded project "UAV Mosquito Fleet for Smart Swarm Operations".

Rühma TA seotus ühiskonnas aktuaalsete probleemidega ning neile lahenduste pakkumisega

Eesti keeles

* Masinõppe ja senso fusioni rakendamine pilditöötluses, pilditöötlusel põhineva kauguse tuvastuses, pilditöötlusel ja inertsiaalsetel sensoritel põhineval navigeerimises. Huvi on tundnud näiteks kaitsetööstus.

Inglise keeles

Application of machine learning and sensor fusion in image processing, image-based distance recognition, image processing, and inertial sensor-based navigation. The defense industry has shown interest, for example.

Info uurimisrühma rakendusliku väljundiga TA kohta

Senised rakendused ettevõtluses, majanduses, ühiskonnas

* Algas ETAG-i rahastusega projekt "EAGER: Exploratory Research in Robust Machine Learning for Object Detection and Classification"

* Algas projekt "SafeWork: Workforce Location Management for Safe Automated Industries"

* Algas NATO rahastatav projekt "UAV Mosquito Fleet for Smart Swarm Operations"

Uurimisrühma TA rakenduskompetentsid ettevõtluskoostöök

* sardriistvara disain ja prototüüpimine,

* masinõppemudelite optimeerimine sardriistvarale,

* mobiilsete sensorite arvutustehnoloogiad,

- * pildi- ja videotöötlus sardriistvaral
- * radari ja kaamera sensori info kokku sidumine
- * visuaal-inertsiaalsensoritel põhinev lokaliseerimine

Ettevõtluskoostöö eesmärk

Prognoositav TA maht on ca 250-300 tuhat EUR aastas uurimisgrupi kohta.

Täiendav info:

Uurimisrühma seotus TalTech TA prioriteetse suunaga (kuni kaks olulisemat suunda):

- 2. Usaldusväärsed IT lahendused
- 1. Targad ja energiatõhusad keskkonnad

Uurimisrühma tegevusega seotud teadusvaldkond – kuni 2 alamvaldkonda Frascati Manuaali klassifikaatori alusel ja kuni 3 teaduseriala CERCSi klassifikaatori alusel.

Frascati Manuaali teadusvaldkonnad:

- 2.2 Elektrotehnika, elektroonika, infotehnika
- 1.2 Arvutiteadus ja informaatika

CERCSi teaduserialad:

- T120 Süsteemitehnoloogia, arvutitehnoloogia
- P176 Tehisintellekt

Hinnang rühma kasutuses olevale TA taristule (sh kollektsioonid ja andmekogud), piisavus ja seisund

Hinnang seisundile:

Seisundi selgitus:

* Manuaalselt kogutud andmekogu erinevat tüüpi sõidukite kohta, mis sisaldab visuaalseid kaamera pilte ja radaripilte. Andmekogu on kasutatav sõidukite klassifitseerimiseks kasutades kaamera+radari infot.

* Drooni arendusplatvorm, mis sisaldab stereo-kaamerat, near IR kaamerat, RTK GNSS vastuvõtjat, ja inertsiaalsensoreid navigeerimislahenduse arenduseks.

*

Uurimisrühma liikmete osalus oluliste TA&I-ga seotud välisorganisatsioonide töös lõppenud aastal
Puudub.

Kolm kõige olulisemat välis- ja kolm kõige olulisemat Eesti koostööpartnerit
Välispartnerid:

- DFDS
- Ukraina Riiklik Tehnikaülikool, Igor Sikorsky Kiev Polütehniline Instituut
- Mid Sweden University

Eesti partnerid:

- Baltic Workboats
- Milrem
- Mindchip

Rühma liikmete TA populariseerimisega seotud tegevused
Puudub.

Rühma liikmete rahvusvahelisel ja riiklikul tasemel olulised tunnustused lõppenud aastal
Riiklikud:

Rahvusvahelised:

Rühma liikmete osalemine TA tegevusega seonduvalt ettevõtete nõustamistes
Puudub.

Uurimisrühma veebilehe aadress

Eesti keeles

<https://iot.ttu.ee>

Inglise keeles

<https://iot.ttu.ee>