

Tarkvarateaduse instituudi uurimisrühmade tegevuse ülevaated 2021

Direktor: Marko Kääramees, e-post: marko.kaaramees@taltech.ee

Instituudis tegutsevad järgmised uurimisrühmad:

- Andmeteaduse töörühm. Juht: professor SADOK BEN YAHIA, sadok.ben@taltech.ee
- Digiriigi tehnoloogiad ja arhitektuur. Juht: dotsent INGRID PAPPEL, ingrid.pappel@taltech.ee
- Infosüsteemide töörühm. Juht: professor DIRK DRAHEIM, dirk.draheim@taltech.ee
- Keeletehnoloogia laboratoorium. Juht: sihtrahastusega vanemteadur TANEL ALUMÄE, tanel.alumae@taltech.ee
- Kompositsiooniliste süsteemide ja meetodite labor. Juht: professor PAWEŁ SOBOCIŃSKI, pawel.sobocinski@taltech.ee
- Küberkriminalistika ja küberjulgeoleku keskus. Juht: sihtrahastusega professor RAIN OTTIS, rain.ottis@taltech.ee
- Mittelineaarsete juhtimissüsteemide töörühm. Juht: juhtivateadur ÜLLE KOTTA, ulle.kotta@taltech.ee
- Proaktiivtehnoloogiate laboratoorium. Juht: teadur JAANUS KAUGERAND, jaanus.kaugerand@taltech.ee
- Rakendusliku tehismõistuse töörühm. Juht: arendusspetsialist VAHUR KOTKAS, vahur.kotkas@taltech.ee
- Tugevalt tagatud tarkvara laboratoorium. Juht: juhtivateadur TARMO UUSTALU, tarmo.uustalu@taltech.ee
- Äritehnoloogia uurimisrühm. Juht: GUNNAR PIHO, gunnar.piho@taltech.ee

UURIMISRÜHMADE ÜLEVAATED

1. Andmeteaduse töörühm / Data Science group

1.1. name, position and contact details (phone, e-mail) of the research group leader;

Sadok Ben Yahia, professor, tel. 55 661.960, sadok.ben@taltech.ee, 0000-0001-8939-8948

1.2. list of members of the research group holding an academic position (by name), incl. separately:

- **Jaak Henno, vanemteadur**
- **Innar Liiv, dotsent, 0000-0001-5236-0145**
- **Ahti Lohk, lektor, 0000-0003-0751-6715**
- **Ants Torim, lektor, 0000-0003-1436-1328**
- **Deniss Kumlander, vanemteadur, 0000-0001-7894-6427**

3.3.1. postdoctoral fellows;

- **Imen Ben Sassi, järeldoktor-teadur, 0000-0001-8772-9731**
- **Inoubli, Wissem, järeldoktor-teadur, 0000-0001-5121-9043 (Left February 2022)**

3.3.2. doctoral students;

1. **Chahinez Ounoughi, doktorant, 0000-0002-2063-2844**
2. **Liutkevicius, Markko, doktorant, 0000-0002-2138-8935**
3. **Salin, Siim, doktorant (leping lõppes 2021), 0000-0003-3617-9279 (Left September 2021)**
4. **Spiga, Fabiano, doktorant**
5. **Bignoumba, Nzamba, doktorant, 0000-0002-2539-8831**
6. **Medianovskyi, Kyrlylo, doktorant**
7. **Vedešin, Anton, doktorant**

3.3.3. non-academic members (should only be named if they contribute significantly to the group's research (e.g. are co-authors of research publications or have contributed to their completion) and their work is clearly related to a particular research group).

- **Grete Lind, spetsialist, 0000-0003-4820-1330**
- **Leo Võhandu, konsultant**
- **Jõgi, Anna, robotikainsener**
- **Martin Rebane, süvaõppe insener, 0000-0002-3592-6044**

1.3. Keywords that characterize the research group's studies, at least three.

Knowledge Engineering, Explainable Artificial Intelligence, Machine/ deep learning, Recommendation systems

1.4. Overview of the competencies of the research group (research topics, -methods, -problems). As a rule, it is up to the research group leader to decide on the content of the overview, but the director of the department can also provide a more precise format (e.g. should be listed the most important projects and published articles of recent years, etc.).

The Data Science Group is carrying out research activities Substantially contribute to the call for projects that pay attention to sustainable knowledge engineering, i.e., projects standing at the cross-roads of knowledge acquisition, explainable added-value knowledge extraction, and proactive timely decision making, e.g.,

- **Digital transformation of the society; healthcare information systems (Adverse events in hospitals, mining of patient trajectory)**
- **Smart-environment: IOT : Intelligent transportation system, smart city, smart home**

Selected publications 2021:

- [Taoufik Yeferny](#)^{ID}, [Sadok Ben Yahia](#): **A Markov chain-based data dissemination protocol for vehicular ad hoc networks.** *Comput. Commun.* 180: 303-314 (2021)
- [Seif Ben Chaabene](#)^{ID}, [Taoufik Yeferny](#), [Sadok Ben Yahia](#): **A roadside unit deployment framework for enhancing transportation services in Maghrebian cities.** *Concurr. Comput. Pract. Exp.* 33(1) (2021)
- [Saloua Zammali](#), [Sadok Ben Yahia](#): **How to select and weight context dimensions conditions for context-aware recommendation?** *Expert Syst. Appl.* 182: 115176 (2021)
- [Imen Ben Sassi](#)^{ID}, [Sadok Ben Yahia](#), [Innar Liiv](#): **MORec: At the crossroads of context-aware and multi-criteria decision making for online music recommendation.** *Expert Syst. Appl.* 183: 115375 (2021)
- [Imen Ben Sassi](#)^{ID}, [Sadok Ben Yahia](#)^{ID}: **Malicious accounts detection from online social networks: a systematic review of literature.** *Int. J. Gen. Syst.* 50(7): 741-814 (2021)
- [Inès Osman](#)^{ID}, [Sadok Ben Yahia](#)^{ID}, [Gayo Diallo](#)^{ID}: **Ontology Integration: Approaches and Challenging Issues.** *Inf. Fusion* 71: 38-63 (2021)
- [Imen Ben Sassi](#)^{ID}, [Sadok Ben Yahia](#): **How does context influence music preferences: a user-based study of the effects of contextual information on users' preferred music.** *Multim. Syst.* 27(2): 143-160 (2021)
- [Minakshi Kaushik](#)^{ID}, [Rahul Sharma](#), [Sijo Arakkal Peious](#), [Mahtab Shahin](#), [Sadok Ben Yahia](#), [Dirk Draheim](#): **A Systematic Assessment of Numerical Association Rule Mining Methods.** *SN Comput. Sci.* 2(5): 348 (2021)
- [Souad Bouasker](#)^{ID}, [Wisseem Inoubli](#), [Sadok Ben Yahia](#), [Gayo Diallo](#)^{ID}: **Pregnancy Associated Breast Cancer Gene Expressions : New Insights on Their Regulation Based on Rare Correlated Patterns.** *IEEE ACM Trans. Comput. Biol. Bioinform.* 18(3): 1035-1048 (2021)
- [Hamza Hammami](#)^{ID}, [Sadok Ben Yahia](#), [Mohammad S. Obaidat](#): **A lightweight anonymous authentication scheme for secure cloud computing services.** *J. Supercomput.* 77(2): 1693-1713 (2021)

2.6. Outstanding (internationally recognized) research results of the research group for the past year.

3. The following additional information should be added:

3.1. affiliation of the research team to the TalTech Academic Development Plan priority areas (up to two major directions);

usaldusväärset IT lahendused

3.2. field of research activity of the research group - up to two sub-fields based on the [Frascati Manual's classification of scientific fields and disciplines](#)¹ and up to three sub-fields according to [CERCS classification](#)².

Frascati: **Arvutiteadus ja informaatika / Computer and information sciences**

CERCS: P176 Tehisintellekt, P175 Informaatika, süsteemiteooria, P170 Arvutiteadus, arvutusmeetodid, süsteemid, juhtimine (automaatjuhtimisteooria)

3.3. Honours/awards of the research group members at national/international level for the past year.

3.4. Participation of the research group members in the activities of international R&D organizations, membership of foreign academies in 2021.

Organization of the international conference CLA2022 in Tallinn (<https://cs.ttu.ee/events/cla2022/>)

3.5. Information on applied research and development activities of the research group:

3.5.1. applications in business, economics, society (references to projects, contracts, news, etc.);

COVSG40 "Haigla transpordiroboti väljatöötamine (1.09.2020–31.08.2021)", Innar Liiv, Tallinna Tehnikaülikool, Infotehnoloogia teaduskond, Tarkvarateaduse instituut. (Innar Liiv, Martin Rebane)

3.5.2. where the results of ongoing projects/contracts (developed technology, innovative solutions and competencies) can be applied.

¹ <https://www.etis.eu/Portal/Classifiers/Details/ac88df15-7410-4edb-807b-4766f6702074>

² [Common European Research Classification Scheme \(CERCS\) fields of research](#)

Substantially contribute to the call for projects that pay attention to sustainable knowledge engineering, i.e., projects standing at the crossroads of knowledge acquisition, explainable added-value knowledge extraction, and proactive timely decision making.

2. Digiriigi tehnoloogiad ja arhitektuur

NextGen Digistate Technologies and Architecture

1.1. uurimisrühma juhi nimi, ametikoht ja kontaktandmed (telefon, e-posti aadress);

Ingrid Pappel, dotsent, ingrid.pappel@taltech.ee https://www.etis.ee/CV/Ingrid_Pappel/est

1.2. akadeemilisel ametikohal töötavate uurimisrühma liikmete loetelu (nimeliselt), sh eraldi:

Erlenheim, Regina lektor

1.2.1. järeldoktorid;

1.2.2. doktorandid;

Jackson, Eric Blake doktorant-nooremteadur

Gelashvili, Teona doktorant-nooremteadur

Dreyling III, Richard Michael doktorant-nooremteadur

1.2.3.

1.2.4. mitteakadeemilisel ametikohal töötavad liikmed nimetatakse vaid juhul kui nad panustavad oluliselt teadusuuringutesse (on teaduspublikatsioonide kaasautorid, või panustanud nende valmimisse) ja nende töö on selgelt seotud konkreetse uurimisrühmaga.

Felt, Sigrid analüütik

Pirjo-Andra Põõsaste projekti assistent

Merilin Liutkevicius projekti assistent

Güllü, Faith analüütik (kuni 30.09.2021)

1.3. Uurimisrühma tegevust iseloomustavad võtmesõnad (keywords), minimaalselt kolm.

Avaliku sektori digitaalne transformatsioon, avalike teenuste arendus, andmevahetusplatvormid ja automatiseerimine

1.4. Uurimisrühma kompetentside tutvustus (uurimistemaatika, -meetodid, probleemid, mille lahendamise tegeletakse jm.). Üldjuhul on tutvustuse sisu uurimisrühma juhi enda otsustada, kuid täpsema formaadi võib ette anda ka instituudi direktor (nt. lisaks kompetentside kirjeldusele kuni kolme viimase aasta **KÕIGE OLULISEMAD** projektid³, **PARIMAD** artiklid jm.).

Next Gen Digital State (NGDS) <https://egov.ee/nextgen-group/> tegeleb küsimustega, kuidas riik saaks tehnoloogiatega rahuldada oma kodanike praeguseid ja tulevase vajadusi. Keskendume valitsuse digitaalsetele ökosüsteemidele, uurides tehnoloogiaid, mis toetavad digitaalset transformatsiooni, innovatsiooni ja rakendamist. Meie uurimisrühm teeb koostööd Eesti ja rahvusvaheliste avaliku sektori asutuste, ministeeriumide ja osakondadega järgmise põlvkonna riigi tehnoloogia arendamisel. Tegeleme tiptasemel uurimisteamidega, mis keskenduvad tehisintellekti arhitektuurile, nõuete väljatöötamisele, andmeanalüütikale ja tehnoloogia rakendamise sotsiaal-majanduslike mõjude mõistmisele ning rakendamisele. Püüame olla avaliku sektori innovatsiooniuringute esirinnas!

MEIE VISIOON

Meie visioon on positiivselt mõjutada ja kujundada järgmise põlvkonna globaalse digitaalse valitsemise ökosüsteeme

MEIE MISSIOON

Pakkuda tiptasemel interdistsiplinaarset praktilist ja teoreetilist uurimistööd, mis võimaldab digi-riigi lahenduste ja poliitika edukat rakendamist

³ Rõhuasetus peaks olema olulist teaduslikku väljundit andvatel projektidel

The Next Gen Digital State (NGDS) research group addresses the technological complexities of how governments can satisfy the current and future needs of their citizens. We focus on digital government ecosystems by investigating technologies that support digital transformation, innovation and implementation. Our research group collaborates with Estonian and international public sector agencies, ministries, and departments for developing next-generation government-technology through cutting edge research topics focused on artificial intelligence architecture, requirements engineering, data analytics, and understanding the socio-economic effects of technological implementation. We strive to be on the forefront of public sector innovation research!

Olulisemad artiklid viimasel kolmel aastal (ETIS 1.1):

Pappel, Ingrid; Tsap, Valentyna; Draheim, Dirk (2021). The e-LocGov model for introducing e-governance into local governments: an Estonian case study. IEEE Transactions on Emerging Topics in Computing, 9 (2), 597–611. DOI: 10.1109/TETC.2019.2910199. **Teaduskonna preemia 2021 aasta artikkel**

Mærøe, Anders Røsten; Norta, Alexander; Tsap, Valentyna; Pappel, Ingrid (2021). Increasing citizen participation in e-participatory budgeting processes. Journal of Information Technology & Politics, 18 (2), 125–147. DOI: 10.1080/19331681.2020.1821421. **Teaduskonna preemia 2020 aasta artikkel**

Ahmed, Rozha; Muhammed, Khder; Pappel, Ingrid; Draheim, Dirk (2021). Impact of e-court systems implementation: a case study. Transforming Government People Process and Policy, 15 (1), 108–128. DOI: 10.1108/TG-01-2020-0008.

Weck, Marina; Gelashvili, Teona; Pappel, Ingrid; Ferreira, Fernando (2021). Supporting collaboration and knowledge sharing in building SLEs for ageing well: Using cognitive mapping in KMS design. Knowledge Management Research & Practice [ilmumas].

Olulisemad projektid viimasel kolmel aastal:

VEU21011 Magistriõppe programm „Tehisintellekti rakendamine avalikes teenustes“ 01.04.2021
01.06.2024 Ingrid Pappel Tallinna Tehnikaülikool, Infotehnoloogia teaduskond, Tarkvarateaduse instituut 195 275,50 EUR

LITEE20124 Rakendusuring AURORA digitaalne infrastruktuur piiriüleseks e-kaubanduseks (2014-2020.4.02.20-0273) töopakettid 18.11.2020 31.10.2021 Ingrid Pappel Tallinna Tehnikaülikool, Infotehnoloogia teaduskond, Tarkvarateaduse instituut 805 000,00 EUR

LEP19059 E-kaubanduse EL käibemaksu- ja tollideklaratsioonide (alates 2021. aastast) digitaliseerimise rakendusuring 01.08.2019 31.07.2020 Ingrid Pappel Tallinna Tehnikaülikool, Infotehnoloogia teaduskond, Tarkvarateaduse instituut 550 000,00 EUR

VIR19028 Hõbemajanduse aruka spetsialiseerumise lähenemisviisi toetamine piirkondliku innovatsioonivõime ja jätkusuutliku kasvu suurendamiseks 21.09.2018 30.09.2021 Ingrid Pappel Tallinna Tehnikaülikool, Infotehnoloogia teaduskond, Tarkvarateaduse instituut 294 737,50 EUR

1.5. Uurimisrühma lõppenud aasta rahvusvahelisel tasemel väljapaistvad teadustulemused (tuua sisuline kirjeldus, mitte artiklite kirjed).

Oluliseks on kujunenud üleüldise võrgustiku loomine, mille tulemusena on plaanis 2022 esitada mitmed projektitaotlused, mis on seotud digiriigi ja avalike teenuste arendusega. Uurimisrühma alt on publitseeritud mitmeid ajakirja ja konverentsartikleid, kus uurimistulemused baseeruvad reelasel T/A projektidel, mis on hetkel kas käimas või juba lõppenud.

Teadusrühm on tegelenud jõudsalt õppetöö arendamisega toomaks teaduspõhist lähenemist nii eRiigi tehnoloogiate (IVGM) õppekavasse kui ka rahvusvahelisustumise näol konsulteerinud eri riikide ülikoolide analoogse multidistsiplinaarse õppe arendamise osas just digiriigi teemadel.

Oluliseks saavutuseks saab lugeda konverents Next Generation Government Symposium (NGGS)

<https://egov.ee/et/projects/ngss-2022/>

ettevalmistamist, mis toob sümposiooni vormis kokku akadeemiliste ringkondade, valitsuse ja erasektori sidusrühmad, et mõista järgmise põlvkonna digiriigi probleeme tehnoloogia, hariduse, valitsuse ja õiguse interdistsiplinaarsetest vaatenurkadest ning teha koostööd. Koostööl põhinevad ning NGGS-i sümposiumil välja töötatud seisukohad järgmise põlvkonna tehnoloogiale ja arhitektuurile aitavad kaasa riigi ja rahvuse terviklikumale toimimisele nii avaliku sektori teenuste osutamisel kui kodanikuosaluse suurendamisel ühiskonna elus.

2. Uurimisrühma kohta lisatakse täiendava infona:

2.1. uurimisrühma seotus AAK prioriteetse suunaga (kuni kaks olulisemat suunda);

2.2. uurimisrühma tegevusega seotud teadusvaldkond – kuni kaks [alamvaldkonda Frascati Manuali teadusvaldkondade ja -erialade klassifikaatori](#)⁴ alusel ja kuni kolm [teaduseriala CERCS klasifikaatori](#)⁵ alusel;

Frascati: 1.2, Arvutiteadus ja informaatika

CERCS: T180 Telekommunikatsioonitehnoloogia, P170, Arvutiteadus, arvutusmeetodid, süsteemid, juhtimine (automaatjuhtimisteooria)

2.3. uurimisrühma liikmete rahvusvahelisel ja riiklikul tasemel olulised tunnustused lõppenud aastal;

Aasta teadusartikkel tunnustus teaduskonna tasandil - Pappel, Ingrid; Tsap, Valentyna; Draheim, Dirk (2021). The e-LocGov model for introducing e-governance into local governments: an Estonian case study. IEEE Transactions on Emerging Topics in Computing, 9 (2), 597–611. DOI: 10.1109/TETC.2019.2910199.

2.4. uurimisrühma liikmete osalus oluliste TA&I-ga seotud välisorganisatsioonide töös lõppenud aastal.

2.5. Info uurimisrühma rakendusliku väljundiga teadus- ja arendustegevuse kohta:

2.5.1. uurimisrühma senised rakendused ettevõtluses, majanduses, ühiskonnas (kirjeldus ning viited projektidele, lepingutele, uudistele vms);

LITEE20124 Rakendusuuring AURORA digitaalne infrastruktuur piiriüleseks e-kaubanduseks –

HS koodide ja TARICC koodide tuvastus ja hindamine (algoritm)

<https://taltech.ee/uudised/euroopa-liitu-tellitavate-internetikaupade-kaibemaksu-hakkab-arvestamata-tarkvarateaduse>

2.5.2. käimasolevate projektide/lepingute tulemuste (väljatöötamisel olevad tooted/tehnoloogiad, uudsed lahendused ja kompetentsid) rakendusvõimalused.

⁴ <https://www.etis.ec/Portal/Classifiers/Details/ac88df15-7410-4edb-807b-4766f6702074>

⁵ [Common European Research Classification Scheme \(CERCS\) Teadusvaldkondade ja -erialade klassifikaator](#)

3. Infosüsteemide töörühm / Information Systems Group

2.2. name, position and contact details (phone, e-mail) of the research group leader;

Prof. Dr. Dirk Draheim, full professor, Software Science Department, Information Systems Group, Akadeemia tee 15a, 12169 Tallinn, Room no. 641, +372 5884 6997, dirk.draheim@taltech.ee

2.3. list of members of the research group holding an academic position (by name), incl. separately:

Tepandi, Jaak professor

Õunapuu, Enn dotsent

Eessaar, Erki dotsent

Täks, Ermo dotsent

2.3.1. postdoctoral fellows;

2.3.2. doctoral students;

Shweta, Suran doktorant-nooremteadur

Kaushik, Minakshi doktorant-nooremteadur

Sharma, Rahul doktorant-nooremteadur

Butt, Sidra Azmat doktorant-nooremteadur

Arakkal Peious, Sijo doktorant-nooremteadur

Lips, Silvia doktorant-nooremteadur

Shahin, Mahtab doktorant-nooremteadur

Tsap, Valentyna doktorant-nooremteadur

Pattanaik, Vishwajeet doktorant-nooremteadur

2.3.3. non-academic members (should only be named if they contribute significantly to the group's research (e.g. are co-authors of research publications or have contributed to their completion) and their work is clearly related to a particular research group).

2.4. Keywords that characterize the research group's studies, at least three.

information systems, e-government, e-governance, e-health, data science, system architecture, system design, databases, large-scale systems

2.5. Overview of the competencies of the research group (research topics, -methods, -problems). As a rule, it is up to the research group leader to decide on the content of the overview, but the director of the department can also provide a more precise format (e.g. should be listed the most important projects and published articles of recent years, etc.).

The Information Systems Group conducts research in large- and ultra-large-scale IT systems. We investigate the architecture, design, realization and management of IT system landscapes, high-volume data-intensive systems, high-volume workflow-intensive systems, massively resource-intensive systems and highly distributed systems. In particular, we investigate the next generation of digital government technologies and digital government ecosystems. Together with our partners from industry, academia and the public sector we strive for excellent solutions for non-standard, mission-critical IT system problems.

- Rozha Ahmed, Khder Muhammed, Ingrid Pappel, Dirk Draheim. Impact of E-Court Systems Implementation: A Case Study. Transforming Government: People, Process and Policy, vol. 15, no. 2, 2021.
- Minakshi Kaushik, Rahul Sharma, Sijo Arakkal Pious, Mahtab Shahin, Sadok Ben Yahia, Dirk Draheim. A Systematic Assessment of Numerical Association Rule Mining Methods. Springer Nature Computer Science, vol. 2, no. 348, 2021, pp. 1-13.
- Astrid Valtna-Dvořák, Silvia Lips, Valentyna Tsap, Rain Ottis, Jaan Priisalu, Dirk Draheim. Vulnerability of State-Provided Electronic Identification: The Case of ROCA in Estonia. In Proceedings of

EGOVIS'2021 - the 9th International Conference on Electronic Government and the Information Systems Perspective, LNCS 12926, Springer, 2021, pp. 73–85.

2.6. Outstanding (internationally recognized) research results of the research group for the past year.

- Dirk Draheim, Robert Krimmer, Tanel Tammet. Architecture of Digital Government Ecosystems: from ICT-Driven to Data-Centric. In: Transactions on Large-Scale Data- and Knowledge-Centered Systems XLVIII, Springer, 2021, pp. 1-31.

3. The following additional information should be added:

3.1. affiliation of the research team to the TalTech Academic Development Plan priority areas (up to two major directions);

- Future Governance
- Dependable IT Solutions

3.5. field of research activity of the research group - up to two sub-fields based on the [Frascati Manual's classification of scientific fields and disciplines](#)⁶ and up to three sub-fields according to [CERCS classification](#)⁷.

Frascati: 1.2 Arvutiteadus ja informaatika / Computer and information sciences

CERCS: P175 Informaatika, süsteemiteooria, P170 Arvutiteadus, arvutusmeetodid, süsteemid, juhtimine (automaatjuhtimisteooria)

3.6. Honours/awards of the research group members at national/international level for the past year.
(NOTHING)

3.7. Participation of the research group members in the activities of international R&D organizations, membership of foreign academies in 2019.

- IFIP (International Federation for Information Processing), Working Group WG 8.5 "Information Systems in Public Administration"
- Steering Committee "ACOMP - the International Conference on Advanced Computing and Applications"

3.5. Information on applied research and development activities of the research group:

3.5.1. applications in business, economics, society (references to projects, contracts, news, etc.);

- OSIRIS Project (VIR19028) "Supporting Smart Specialization Approach in Silver Economy for Increasing Regional Innovation Capacity and Sustainable Growth"
- Project BLOCKWASTE (VERT21002): "Innovative training based on blockchain technology applied to waste management"
- ReachU Project (LEP19022) "Applied research for creating a cost-effective interchangeable 3D spatial data infrastructure with survey-grade accuracy" (Work Package on Image Classification)
- Elme Messer Gaas OÜ Applied Research (as partner of IT Academy funded PhD positions): "Logistics IT and CRM renovation: application of data science technology"

3.5.2. where the results of ongoing projects/contracts (developed technology, innovative solutions and competencies) can be applied.

- Architecture of Next Generation Digital Government Ecosystems
- Design of Next Generation Digital Government Services
- Design of Next Generation Digital Government Technologies

⁶ <https://www.etis.eu/Portal/Classifiers/Details/ac88df15-7410-4edb-807b-4766f6702074>

⁷ [Common European Research Classification Scheme \(CERCS\) fields of research](#)

4. Keeletehnoloogia laboratoorium / Laboratory of Language Technology

4.2. uurimisrühma juhi nimi, ametikoht ja kontaktandmed (telefon, e-posti aadress);

Tanel Alumäe, vanemteadur, tel 6204201, tanel.alumae@taltech.ee, 0000-0001-5083-1556

4.3. akadeemilisel ametikohal töötavate uurimisrühma liikmete loetelu (nimeliselt), sh eraldi:

Einar Meister, vanemteadur, 0000-0002-2179-735X

Lya Meister, teadur, 0000-0001-8815-9566

4.3.1. järeldoktorid;

4.3.2. doktorandid;

Andres Käver, doktorant-nooremteadur,

Aivo Olev, doktorant-nooremteadur, 0000-0001-7213-1622

Joonas Kalda, doktorant-nooremteadur, 0000-0001-8224-513X

4.3.3. mitteakadeemilisel ametikohal töötavad liikmed nimetatakse vaid juhul kui nad panustavad oluliselt teadusuuringutesse (on teaduspublikatsioonide kaasautorid, või panustanud nende valmimisse) ja nende töö on selgelt seotud konkreetse uurimisrühmaga.

Kunnar Kukk, tarkvaraarendaja,

4.4. Uurimisrühma tegevust iseloomustavad võtmesõnad (keywords), minimaalselt kolm.

kõnetehnoloogia, foneetika, kõnekorpused / speech technology, phonetics, speech corpora

4.5. Uurimisrühma kompetentside tutvustus (uurimistemaatika, -meetodid, probleemid, mille lahendamise tegeletakse jm.). Üldjuhul on tutvustuse sisu uurimisrühma juhi enda otsustada, kuid täpsema formaadi võib ette anda ka instituudi direktor (nt. lisaks kompetentside kirjeldusele kuni kolme viimase aasta **KÕIGE OLULISEMAD** projektid⁸, **PARIMAD** artiklid jm.).

- Kõnetuvastus
- Kõneleja, kõneldava keele ja aktsendi identifitseerimine
- Kõnekorpused
- Foneetika (eesti keele prosoodia, L2 kõne)
- Mimesugused loomuliku keele töötluse alamteemad

Labori üheks väljapaistvamaks tegevuseks on eesti keele kõnetuvastuse arendus ning avalikult kättesaadavate kõnetuvastusteenuste loomine. Kuigi me keskendume arendustöös eesti keelele, on enamik laboris loodud meetodeid ja tehnoloogiaid keelest sõltumatud. Laboris välja töötatud tarkvara on saadaval vaba tarkvara litsentsi alusel.

Inglise keeles:

- Speech recognition
- Speaker, spoken language and accent identification
- Speech corpora
- Phonetics (Estonian language prosody and vocal system, L2 speech)
- Various sub-topics of natural language processing

⁸ Rõhuasetus peaks olema olulist teaduslikku väljundit andvatel projektidel

Olulisemad artiklid:

- Valk, Jörgen; Alumäe, Tanel (2021). VoxLingua107: A dataset for spoken language recognition. 2021 IEEE Spoken Language Technology Workshop (SLT), SLT 2021 : Proceedings, January 19-22, 2021, Online Conference. Piscataway, NJ: IEEE, 652–658.
- Paats, A.; Alumäe, T.; Meister, E.; Fridolin, I. (2018). Retrospective analysis of clinical performance of an Estonian speech recognition system for radiology: effects of different acoustic and language models. Journal of Digital Imaging, 31 (5), 615–621
- Alumäe, Tanel (2018). Training speaker recognition models with recording-level labels. 2018 IEEE Workshop on Spoken Language Technology, SLT 2018 : Proceedings, December 18-21, 2018, Athens, Greece.

One of the important activities is the creation of speech technology applications targeted at society as a whole. This includes applications of end-user speech recognition as well as the key integration components that are easy to integrate. Although the focus is on speech recognition in Estonian, most of the software created in the laboratory is not specific to Estonian. The laboratory is a solid open source free software supporter.

4.6. Uurimisrühma lõppenud aasta rahvusvahelisel tasemel väljapaistvad teadustulemused (tuua sisuline kirjeldus, mitte artiklite kirjed).

- Labori meeskond osales kõneldava keele identifitseerimise võistluses Oriental Language Recognition 2021 Challenge, kus paljude osalejate seas saavutati kahes kategoorias teine koht.
- Labor osales USA valitsusagentuuri IARPA korraldatud võistlustes OpenASR 2020 Challenge ja OpenASR 2021 Challenge. Võistluse eesmärgiks on uurida kõnetuvastussüsteemide loomist väheste treeningressursside kontekstis. Labori meeskond saavutas 2020. a võistluses esikoha viie keele arvestuses ja 2021. a esikoha ühes arvestuses ja teise koha viies arvestuses.

5. Uurimisrühma kohta lisatakse täiendava infona:

5.2. uurimisrühma seotus AAK prioriteetse suunaga (kuni kaks olulisemat suunda);

- Dependable IT solutions
- Future governance

5.3. uurimisrühma tegevusega seotud teadusvaldkond – kuni kaks [alamvaldkonda Frascati Manuaali teadusvaldkondade ja -erialade klassifikaatori](#)⁹ alusel ja kuni kolm [teaduseriala CERCS klasifikaatori](#)¹⁰ alusel;

Frascati: 1.2 Arvutiteadus ja informaatika / Computer and information sciences

CERCS: P176 Tehisintellekt, H351 Foneetika, T121 Signaalitöötlus,

5.4. uurimisrühma liikmete rahvusvahelisel ja riiklikul tasemel olulised tunnustused lõppenud aastal;

5.5. uurimisrühma liikmete osalus oluliste TA&I-ga seotud välisorganisatsioonide töös lõppenud aastal. Tanel Alumäe valiti Põhjamaade Keeletehnoloogia Assotsiatsiooni sekretäriks

5.6. Info uurimisrühma rakendusliku väljundiga teadus- ja arendustegevuse kohta:

5.6.1. uurimisrühma senised rakendused ettevõtluses, majanduses, ühiskonnas (kirjeldus ning viited projektidele, lepingutele, uudistele vms);

⁹ <https://www.etis.eu/Portal/Classifiers/Details/ac88df15-7410-4edb-807b-4766f6702074>

¹⁰ [Common European Research Classification Scheme \(CERCS\) Teadusvaldkondade ja -erialade klassifikaator](#)

- 2021. a valmis laboris välja töötatud reaalaajaliste automaatsete subtiitrite loomise süsteem Kiirkirjutaja. Süsteemi on kasutusele võtnud ETV ning ka mitu erakanalit (vt <https://taltech.ee/uudised/riigikogu-istungite-subtiitrid-koostab-tehisintellekt-err-votab-sama-lahenduse-kasutusele>).
 - 2020. a valmis laboris välja töötatud kõnetuvastustehnoloogiat kasutav Riigikogu uus stenograferimissüsteem (vt 14.09.2020 Aktuaalne Kaamera, <https://www.err.ee/1134953/eesti-viimaste-stenografistide-too-vottis-ule-robot>)
 - Laboris on välja töötatud avalikult tasuta kättesaadav eesti keele kõnetuvastussüsteem. Pikkade kõnesalvestuste veebipõhisel transkribeerimissüsteemil oli viimase aasta jooksul üle 2000 kasutaja ning töödeldud on üle 5000 tunni kõnesalvestusi. Süsteemi eest sai labor auhinna „Keeletegu 2019”
 - Koostöös PERH-iga valmis 2015. a kõnetuvastussüsteem radioloogidele, mis võimaldab radioloogidel luua pildikirjeldusi dikteerides. Süsteem on väga täpne ning ka praegu aktiivses kasutuses.
- 5.6.2. käimasolevate projektide/lepingute tulemuste (väljatöötamisel olevad tooted/tehnoloogiad, uued lahendused ja kompetentsid) rakendusvõimalused.
- EKT24 "Kõnetuvastus" (1.01.2018–31.12.2022); Vastutav täitja: Tanel Alumäe; Tallinna Tehnikaülikool; Finantseerija: Haridus- ja Teadusministeerium; Eraldatud summa: 412 786 EUR.
 - PRG1552 "Vokalistide võimalused teksti arusaadavuse parandamisel – probleemid ja teaduslik baas" (1.01.2022–31.12.2026); Vastutav täitja: Allan Vurma; Eesti Muusika- ja Teatriakadeemia; Finantseerija: Sihtasutus Eesti Teadusagentuur; Eraldatud summa: 168 750 EUR.

Esitatud materjale kasutatakse:

- Ülikooli TA aastaaruande koostamiseks
- Uurimisrühmade atlase koostamiseks (vt varasemate aastate materjale siseveebis: <https://portal.taltech.ee/wiki/show/et:dokumendid:teadus-arendustoo:atlas2019:main>). Materjal avalikustatakse ka AAK prioriteetsete suundade koordinatsioonikogudele.
- Ülikooli/teaduskonna teadustegevust tutvustava kogumiku koostamiseks (vt. varasemaid versioone: <https://www.taltech.ee/ta-korraldus>). Uurimisrühma tutvustusi saab kasutada struktuuriüksuste teadusveebi sisustamiseks ning ka A4 formaadis (nn „one-pager”) eraldi välja trükkimiseks ja vastavalt vajadusele reklaammaterjalidena komplekteerimiseks (valdkond, sihtrühm vm).

5. Kompositsiooniliste süsteemide ja meetodite labor / Lab for Compositional Systems and Methods

Uurimisrühma tutvustus

2.1. the name of the research group in Estonian and in English;

2.2. name, position and contact details (phone, e-mail) of the research group leader;

Pawel Sabocinski, professor, pawel.sobocinski@taltech.ee

2.3. list of members of the research group holding an academic position (by name), incl. separately:

3.3.1. postdoctoral fellows;

Morehouse, Edward Barish

Loregian, Fosco

Hadzihasanovic, Amar

3.3.2. doctoral students;

Di Lavore, Elena

Haydon, Nathan Joseph

Nester, Chad Mitchell

Earnshaw, Matthew David

Kessler, Diana-Maria

Román García, Mario

Comfort, Cole

3.3.3. non-academic members (should only be named if they contribute significantly to the group's research (e.g. are co-authors of research publications or have contributed to their completion) and their work is clearly related to a particular research group).

2.4. Keywords that characterize the research group's studies, at least three.

compositionality, open systems, applied category theory, programming languages, trustworthy software, diagrammatic reasoning, string diagrams, logic in computer science, relational methods, quantum computing

2.5. Overview of the competencies of the research group (research topics, -methods, -problems). As a rule, it is up to the research group leader to decide on the content of the overview, but the director of the department can also provide a more precise format (e.g. should be listed the most important projects and published articles of recent years, etc.).

Research topics: The group's goal is to study compositional techniques in the context of models of computation, understood broadly. Compositionality means that syntactic descriptions for (open) systems are designed to be compatible with their semantics. While the examples motivating the research come from a broad section of scientific disciplines (logic, control theory, formal language theory, control theory, business processes, game theory, economics, machine learning), we have identified common principles for reasoning about open systems, guided by category theory. These including a semantic universe based on relations rather than functions, and the use of the diagrammatic syntax of string diagrams. String diagrams provide an intuitive calculus for computations via diagrammatic reasoning, and fine-grained control over resources, which is important for faithful descriptions of open systems. Our big questions/challenges are

1) design a next generation of programming/specification languages that will be more suited for compositional (and therefore, more trustworthy and reliable) descriptions of systems,

2) use compositionality to improve the analysis of systems, including the design of new techniques and algorithms, and 3) design and implement tools for working with string diagrams, fast-tracking the passage from theory to practice.

2.6. Outstanding (internationally recognized) research results of the research group for the past year.

Amar Hadzihasanovic had a single author paper at the flagship A* conference LiCS 2021.

[Hadzihasanovic, Amar \(2021\). The smash product of monoidal theories. 2021 36th Annual ACM/IEEE Symposium on Logic in Computer Science \(LICS\), 29 June-2 July 2021, Rome, Italy, virtual. Proceedings.. IEEE, 1–13. DOI: 10.1109/LICS52264.2021.9470575.](#)

Fosco Loregian published a book titled “Coend Calculus” in the prestigious Cambridge University Press series London Mathematical Society Lecture Notes.

Pawel Sobocinski, Fosco Loregian and Chad Nester published a paper at the flagship A* conference PoPL 2021.

[di Liberti, Ivan; Loregian, Fosco; Nester, Chad; Sobociński, Paweł \(2021\). Functorial semantics for partial theories. Proceedings of the ACM on Programming Languages, 5 \(POPL\), art. 57, 28 pp. DOI: 10.1145/3434338.](#)

3. The following additional information should be added:

3.1. affiliation of the research team to the TalTech Academic Development Plan priority areas (up to two major directions);

Dependable IT solutions

5.2. field of research activity of the research group - up to two sub-fields based on the [Frascati Manual's classification of scientific fields and disciplines](#)¹¹ and up to three sub-fields according to [CERCS classification](#)¹².

Frascati: 1.2 Arvutiteadus ja informaatika / Computer and information sciences

CERCS: P170 Arvutiteadus, arvutusmeetodid, süsteemid, juhtimine (automaatjuhtimisteooria), P110 Mateemaatiline loogika, hulgateooria, kombinatoorika, P175 Informaatika, süsteemiteooria

5.3. Honours/awards of the research group members at national/international level for the past year.

Pawel Sobocinski was chosen as a member of Expert Panel on Computer Science and Informatics, National Science Centre [NCN](#), Poland, which is the main research council that distributes scientific funding in Poland.

5.4. Participation of the research group members in the activities of international R&D organizations, membership of foreign academies in 2019.

Pawel Sobocinski was chosen to co-chair the respected Foundations of Software Science and Computation Structures (FoSSaCS 2023) conference with Prof Orna Kupferman, Hebrew University of Jerusalem.

Pawel Sobocinski was chosen to host the flagship conference of the European Association of Theoretical Computer Science, the International Colloquium on Automata, Languages and Programming (ICALP) in Tallinn in 2024.

Organised conferences:

¹¹ <https://www.etis.ee/Portal/Classifiers/Details/ac88df15-7410-4edb-807b-4766f6702074>

¹² [Common European Research Classification Scheme \(CERCS\) fields of research](#)

MFCS 2021 - 46th International Symposium on Mathematical Foundations of Computer Science 23-27.08.2021

The MFCS conference series has been organized since 1972. Traditionally, the conference moved between the Czech Republic, Slovakia, and Poland, while since 2013, the conference travels around Europe. In 2021, it will come back to Tallinn, Estonia. MFCS is a high quality venue for original research in all branches of theoretical computer science.

SYCO 2021 - Eighth Symposium on Compositional Structures (SYCO 8) 13-14.12.2021

The Symposium on Compositional Structures is a series of interdisciplinary meetings aiming to support the growing community of researchers interested in the phenomenon of compositionality, from both applied and abstract perspectives, and in particular where category theory serves as a unifying common language. We welcome submissions from researchers across computer science, mathematics, physics, philosophy, and beyond, with the aim of fostering friendly discussion, disseminating new ideas, and spreading knowledge between fields. Submission is encouraged for both mature research and work in progress, and by both established academics and junior researchers, including students.

3.5. Information on applied research and development activities of the research group:

3.5.1. applications in business, economics, society (references to projects, contracts, news, etc.);

Paweł Sobocinski presented the group's research and participated in a Q&A at the Taltech IT Innovattion festival, June 16, 2021.

Paweł Sobocinski and group members gave a presentation at the HARNO ITA Conference, November 4-5, 2021 which was attended by many representatives of Estonian Industry.

3.5.2. where the results of ongoing projects/contracts (developed technology, innovative solutions and competencies) can be applied.

- EITSA18017 "Research measure of IT Academy programme for 2018-2022: Software trustworthiness" (1.01.2018–31.08.2023); Principal Investigator: Paweł Maria Sobociński; Tallinn University of Technology, School of Information Technologies, Department of Software Science; Financier: Information Technology Foundation for Education, Education and Youth Board, Archimedes Foundation; Financing: 1 864 416 EUR.
- PRG1210 "Automata in Learning, Interaction and Concurrency (ALICE)" (1.01.2021–31.12.2025); Principal Investigator: Paweł Maria Sobociński; Tallinn University of Technology, School of Information Technologies, Department of Software Science; Financier: Estonian Research Council; Financing: 475 750 EUR.

6. Proaktiivtehnoloogiate laboratoorium / Laboratory of proactive technologies

6.2. uurimisrühma juhi nimi, ametikoht ja kontaktandmed (telefon, e-posti aadress);

Jaanus Kaugerand, PhD, e-mail jaanus.kaugerand@taltech.ee, mob 56218478

6.3. akadeemilisel ametikohal töötavate uurimisrühma liikmete loetelu (nimeliselt), sh eraldi:

Savimaa, Raul	vanemteadur
Udal, Andres	vanemteadur
Riid, Andri	vanemteadur
Kangilaski, Taivo	vanemteadur
Näks, Tõnu	lektor
Rannat, Kalev	vanemteadur
Mõtus, Leo	professor
Keernik, Hannes	teadur

6.3.1. järeldoktorid;

6.3.2. doktorandid;

Miasayedava, Liza- veta	doktorant-nooremteadur
Pihlak, Rene	doktorant-nooremteadur
Bilozor, Konstantin	doktorant

6.3.3. mitteakadeemilisel ametikohal töötavad liikmed nimetatakse vaid juhul kui nad panustavad oluliselt teadusuuringutesse (on teaduspublikatsioonide kaasautorid, või panustanud nende valmimisse) ja nende töö on selgelt seotud konkreetse uurimisrühmaga.

Astapov, Sergei	insener
Pahtma, Raido	insener
Uusjärv, Madis	insener
Helekivi, Jüri	insener
Ehala, Johannes	analüütik

6.4. Uurimisrühma tegevust iseloomustavad võtmesõnad (keywords), minimaalselt kolm.

küberfüüsikalised-süsteemid, spontaansed sensorvõrgud, uduarvutus, deep learning, riigiülese tervikliku olukorrateadlikkuse võimekus

6.5. Uurimisrühma kompetentside tutvustus (uurimistemaatika, -meetodid, probleemid, mille lahendamise tegeletakse jm.). Üldjuhul on tutvustuse sisu uurimisrühma juhi enda otsustada, kuid täpsema formaadi võib ette anda ka instituudi direktor (nt. lisaks kompetentside kirjeldusele kuni kolme viimase aasta **KÕIGE OLULISEMAD** projektid¹³, **PARIMAD** artiklid jm.).

Proaktiivtehnoloogiate uurimislabori põhitegevuseks on võrgustatud küber-füüsikaliste-süsteemide õpetamine üliõpilastele ning teoreetiliste ja praktiliste probleemide uurimine/lahendamine – näiteks arendatakse küberfüüsikaliste süsteemide magistrikursust, lepingute toetusel ehitatakse ja rakendatakse spontaansid sensorvõrke, teoreetiliselt uuritakse uduarvutust ja selleks kasutatavat proaktiivset vahevara (ProWare) ja osaletakse tervikliku olukorrateadlikkuse võimekuse uurimisel riigikaitse rakendustele. Lisaks teostab ProLab konvolutsiooniliste närvivõrkude abil uuringuid klassifitseerimise, semantilise segmenteerimise ja objektide tuvastamise kohta. Metoodikat on rakendatud fotopiltidele, punktpilvekogudele ja helisalvestistele.

¹³ Rõhuasetus peaks olema olulist teaduslikku väljundit andvatel projektidel

--

The laboratory focuses on theoretical and practical study of networked systems built from stationary and/or mobile software-intensive (proactive) components. Typical components are pervasive computing systems. The research is partitioned into three threads -- modelling and verification of situation-aware interaction-centred computation, methods and technologies for acquiring situational information, and methods for interpretation of situational information for (proactive) decision making. The long-term goal of the laboratory is the ability to detect and partially control the emergent behaviour in pervasive computing systems. In addition, ProLab performs research on classification, semantic segmentation and object detection using convolutional neural networks. The methodology has been applied to photographic images, point cloud collections and sound recordings.

Teichmann, M. and Motus, L., 2021, May. Situation Awareness, Mental Models and Understanding. In 2021 IEEE Conference on Cognitive and Computational Aspects of Situation Management (CogSIMA) (pp. 86-93). IEEE.

Riid, A., Lõuk, R., Pihlak, R., Tepljakov, A. and Vassiljeva, K., 2019. Pavement distress detection with deep learning using the orthoframes acquired by a mobile mapping system. Applied Sciences, 9(22), p.4829.

Mõtus, L., Teichmann, M., Meriste, M., Rannat, K., Priisalu, J. and Kaugerand, J., SÜSTEEMIDE SÜSTEEMI OLUKORRA HINDAMISEST SELLE KOMPONENTIDE VÕIMEMUDELITE ABIL.

6.6. Uurimisrühma lõppenud aasta rahvusvahelisel tasemel väljapaistvad teadustulemused (tuua sisuline kirjeldus, mitte artiklite kirjed).

Üheks ProLab-i uurimissuunaks on olnud energiasäästlikest mikrokontrolleritest nutikate asjade interneti lahenduste loomine. Kasutades ära teadustööd iseorganiseerimise, multiagent-süsteemide, küberfüüsikaliste süsteemide ja interaktsioonilise arvutuse valdkondadest oleme näidanud et nii on võimalik luua väga suuri hajutatud seadmetest koosnevaid sensorvõrke. Väga oluline on siinjuures sellise sensorvõrgu elementide omavahelise koostöö dünaamiline organiseerimine. Üheks heaks näiteks on ProLab-i poolt arendatud ligi 900 sensorist koosnev targa linna sensorvõrk Tallinna tänavatel. Praegu arendab ProLab sama sensorvõrgu mikrokontrollerite jaoks masinõppe mudeleid mis võimaldavad linnakeskkonnas tuvastada nii erinevaid müraliike kui ka tänavatel liikuvate sõidukite tüüpe, suunda ja kiirust.

One of ProLab's research focuses has been to develop smart Internet solutions using energy-efficient microcontrollers. Taking advantage of research in the fields of self-organization, multi-agent systems, cyber-physical systems, and interactive computing, we have shown that it is possible to create very large sensor networks consisting of distributed devices. The dynamic organization of the cooperation between the elements of such a sensor network is very important here. One good example of this is the smart city sensor network on the streets of Tallinn, which consists of nearly 900 sensors designed and deployed by ProLab. ProLab is currently developing machine learning models for microcontrollers for the same sensor network that can detect different types of noise in urban environments as well as the types, direction and speed of vehicles moving on the streets.

7. Uurimisrühma kohta lisatakse täiendava infona:

7.2. uurimisrühma seotus AAK prioriteetse suunaga (kuni kaks olulisemat suunda);

- Dependable IT solutions
- Smart and energy efficient environments

7.3. uurimisrühma tegevusega seotud teadusvaldkond – kuni kaks [alamvaldkonda Frascati Manuaali teadusvaldkondade ja -erialade klassifikaatori](#)¹⁴ alusel ja kuni kolm [teaduseriala CERCS klasifikaatori](#)¹⁵ alusel;

Frascati: 1.2 Arvutiteadus ja informaatika / Computer and information sciences

CERCS: P170 Arvutiteadus, arvutusmeetodid, süsteemid, juhtimine (automaatjuhtimisteooria), T125 Automatiseerimine, robotika, juhtimistehnika, T120 Süsteemitehnoloogia, arvutitehnoloogia

7.4. uurimisrühma liikmete rahvusvahelisel ja riiklikul tasemel olulised tunnustused lõppenud aastal;

7.5. uurimisrühma liikmete osalus oluliste TA&I-ga seotud välisorganisatsioonide töös lõppenud aastal.

Konverentsi korraldamine (eesistuja professor Leo Mõtus):

Organizing IEEE Conference (professor Leo Mõtus as General Chair):

CogSIMA2021 – IEEE Conference on Cognitive and Computational Aspects of Situation Management

(CogSIMA conferences promote a holistic cognitive approach to multidisciplinary research on dynamic cyber-physical-social systems of systems, whose constituent systems can be autonomous, and often collaborate and interoperate with organizations, machines, computer agents, and humans situated in complex dynamic environments.)

[Veebilink konverentsile](#)

Organizing NATO Science and Technology Organization (STO) Research Symposium (research scientist Jaanus Kaugerand as Chair):

NATO Teadusorganisatsiooni Sümpoosioni korraldamine (eesistuja: teadur Jaanus Kaugerand):

Research Symposium SCI-341 – Situation Awareness of Swarms and Autonomous Systems

(The Symposium addressed multi-disciplinary research on situation awareness of swarms of autonomous systems.)

[Veebilink sümpoosionile](#)

7.6. Info uurimisrühma rakendusliku väljundiga teadus- ja arendustegevuse kohta:

7.6.1. uurimisrühma senised rakendused ettevõtluses, majanduses, ühiskonnas (kirjeldus ning viited projektidele, lepingutele, uudistele vms);

1. C3S2_311 Lot 2 – LITAV21117 „GNSS vaatlusandmete ja metadata töötlus ja analüüs. Tarkvaraliste töövahendite ja andmebaasi loomine, haldamine, kasutajatugi ja dokumentatsioon“ 2021 - 2025
2. DigiAudit – AR20013IT „Hoone suutlikkuse audit reaajas“ 2021 – 2023
3. IMO – AR17119 “Infotehnoloogiline mobiilsusobservatoorium“ 2017 – 2022
4. ISC2PT - LITEE20122 „Intelligentsed Targa Linna ja Kriitilise Infrastruktuuri Toimepidevuse Tehnoloogiad II“ 2020 – 2022
5. SmENeTe2 – Lep17070 „Targa Keskkonna Võrgutehnoloogiad“ 2017 – 2019
6. Lep19022 „Kuluefektiivse ühildatava geodeetilise täpsusega 3D ruumandmete taristu loomise rakendusuring“ 2019 – 2021
7. Lep18079 „Riigiülese ja tervikliku olukorratundlikkuse võimeloomine riigikaitse juhtimiseks ja koordineerimiseks“

¹⁴ <https://www.etis.ec/Portal/Classifiers/Details/ac88df15-7410-4edb-807b-4766f6702074>

¹⁵ [Common European Research Classification Scheme \(CERCS\) Teadusvaldkondade ja -erialade klassifikaator](#)

-
1. C3S2_311 Lot 2 – LITAV21117 „Copernicus Climate Change Service, Collection and Processing of In Situ Observations, Access to Observations from Baseline and Reference Networks, and Comprehensive Upper-air Observations“ 2021 - 2025
 2. DigiAudit – AR20013IT „Real Time Building Performance Audit“ 2021 – 2023
 3. IMO – AR17119 „Info-technological Mobility Observatory“ 2017 – 2022
 4. ISC2PT - LITEE20122 „Intelligent Smart City and Critical Infrastructure Protection Technologies ISC2PT II“ 2020 - 2022
 5. SmENeTe2 – Lep17070 „Smart Environment Networking Technologies“ 2017 – 2019
 6. Lep19022 „Applied Research for creating a cost-effective interchangeable 3D spatial data infrastructure with survey-grade accuracy“, 2019-2021
 7. Lep18079 „Creation of a transnational and comprehensive situation awareness capability for the management and coordination of national Defence“

7.6.2. käimasolevate projektide/lepingute tulemuste (väljatöötamisel olevad tooted/tehnoloogiad, uued lahendused ja kompetentsid) rakendusvõimalused.

Esitatud materjale kasutatakse:

- Ülikooli TA aastaaruande koostamiseks
- Uurimisrühmade atlase koostamiseks (vt varasemate aastate materjale siveveebis: <https://portal.taltech.ee/wiki/show/et:dokumendid:teadus-arendustoo:atlas2019:main>). Materjal avalikustatakse ka AAK prioriteetsete suundade koordinatsioonikogudele.
- Ülikooli/teaduskonna teadustegevust tutvustava kogumiku koostamiseks (vt. varasemaid versioone: <https://www.taltech.ee/ta-korraldus>). Uurimisrühma tutvustusi saab kasutada struktuuriüksuste teadusveebi sisustamiseks ning ka A4 formaadis (nn „one-pager“) eraldi välja trükkimiseks ja vastavalt vajadusele reklaammaterjalidena komplekteerimiseks (valdkond, sihtrühm vm).

7. Rakendusliku tehismõistuse grupp / Applied Artificial Intelligence group

uurimisrühma nimetus: Rakendusliku tehismõistuse grupp / Applied Artificial Intelligence group

uurimisrühma juhi nimi, ametikoht ja kontaktandmed (telefon, e-posti aadress);

Vahur Kotkas, Development Officer, vahur.kotkas@taltech.ee

- akadeemilisel ametikohal töötavate uurimisrühma liikmete loetelu (nimeliselt), sh eraldi:

Tammet, Tanel, professor

Luberg, Ago, lektor

Astrova, Irina, vanemteadur

Maigre, Riina, teadur

Harf, Mait, teadur

Lillemets, Rauni, teadur

- i. järel doktorid;
- ii. doktorandid;

Verrev, Martin, doktorant-nooremteadur

- iii. mitteakadeemilisel ametikohal töötavad liikmed nimetatakse vaid juhul kui nad panustavad oluliselt teadusuuringutesse (on teaduspublikatsioonide kaasautorid, või panustanud nende valmimisse) ja nende töö on selgelt seotud konkreetse uurimisrühmaga.

Kindel, Kristiina, insener

Pappel, Karl Ivory, analüütik

Tarn, Hannes, spetsialist

Veskioja, Sven, insener

Kalašnikova, Julia, insener

Olvet, Marta, GIS spetsialist

Järv, Priit, tarkvaraarendaja

Yanovich, Bahdan, tarkvarasüsteemi arendaja

- b. Uurimisrühma tegevust iseloomustavad võtmesõnad (keywords), minimaalselt kolm.

machine learning, automated commonsense reasoning, ontology based reasoning, AI methods in spatial data analysis, recommender systems, logic-based software systems

- c. Uurimisrühma kompetentside tutvustus (uurimistemaatika, -meetodid, probleemid, mille lahendamisega tegeletakse jm.). Üldjuhul on tutvustuse sisu uurimisrühma juhi enda otsustada, kuid täpsema formaadi võib ette anda ka instituudi direktor (nt. lisaks kompetentside kirjeldusele kuni kolme viimase aasta **KÕIGE OLULISEMAD** projektid¹⁶, **PARIMAD** artiklid jm.).

Rakendusliku tehismõistuse grupp keskendub oma uurimistöös tehismõistuse meetoditele, arendades ja rakendades neid erinevates valdkondades. 2019 aastal keskenduti peamiselt masinõppe, ontoloogiapõhise arutluse, automaatse teoreemitõestamise, teadmuse loomise jt tehismõistuse meetodite juurutamisele tööstuse ja avaliku sektori rakendustes.

¹⁶ Rõhuasetus peaks olema olulist teaduslikku väljundit andvatel projektidel

Grupi eelnevates uurimisteesades on muuhulgas olnud tehismõistuse osi integreerivad tarkvaraarendusmeetodid ja rakendused (nt CoCoViLa), (visuaalsed) modelleerimiskeeled, programmide loogikapõhine kompositsioon ja ontoloogiatel põhinev teadmiste esitamine.

Uurimistöö mitmete dekaadide vältel on loodud mitmeid rakendusi, mis võimaldavad tehismõistuse tehnikaid rakendada. Praegusel ajal on neist veel kasutusel või arendusjärgus järgmised:

CoCoViLa – visuaalne mudelipõhine automaatset programmisünteesi pakkuv tarkvaraarenduskeskkond - <http://cocovila.github.io/>

WhiteDB – kiire NoSQL andmebaasiohjur - <http://whitedb.org/>

GKC – arutlusvahend tööks (väga) suurtel teadmusbaasidel – <https://github.com/tammet/gkc>

Käesoleval ajal on grupi keskseteks teemadeks tehismõistuse meetodite rakendamine ruumiandmeanalüüsil, masinõppe rakendamine e-kaubanduse ja avaliku sektori riskihalduses ning loomulikult keelel baseerivate suhtlussüsteemide arendus. Nende teemadega on seotud järgmised projektid:

1. Applied research for creating a cost-effective interchangeable 3D spatial data infrastructure with survey-grade accuracy
2. Applied research for e-commerce EU VAT and duty declaration (as from 2021) digitalisation
3. Machine learning and AI powered public service delivery

The Applied AI Group conducts research in application of AI methods in various fields and systems. We investigate applicability of machine learning, ontology based reasoning, automated theorem provers, knowledge discovery and other AI methods for solving digitalisation problems of different industrial and governmental stakeholders.

Our previous research has been concentrated on building software development methods and tools (e.g. CoCoViLa) with AI components, basically with program synthesis and ontology based knowledge representation components.

During a number of decades several software tools that facilitate AI techniques have been developed by the group. The following is a list of tools that are still in use or under development:

CoCoViLa – visual model-based software development environment - <http://cocovila.github.io/>

WhiteDB – a lightweight NoSQL database library - <http://whitedb.org/>

GKC – discussion tool on large knowledgebases – <https://github.com/tammet/gkc>

Currently we work on topics like application of AI methods in spatial data analysis, using machine learning for risk management in e-commerce and for public service delivery. The corresponding projects are listed as follows:

1. Applied research for creating a cost-effective interchangeable 3D spatial data infrastructure with survey-grade accuracy
2. Applied research for e-commerce EU VAT and duty declaration (as from 2021) digitalisation
3. Machine learning and AI powered public service delivery

Selected publications in 2021

Tammet, Tanel; Sutcliffe, Geoff (2021). Combining JSON-LD with first order logic. Proceedings 2021 IEEE 15th International Conference on Semantic Computing, ICSC 2021 : Virtual Conference, 27-29 January 2021. Los Alamitos, Calif.: IEEE, 256–261. DOI: 10.1109/ICSC50631.2021.00051.

Draheim, D.; Krimmer, R.; Tammet, T. (2021). On State-Level Architecture of Digital Government Ecosystems: From ICT-Driven to Data-Centric. In: Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics) (165–195). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. (Lecture Notes in Computer Science; 12670). DOI: 10.1007/978-3-662-63519-3_8.

Dreyling, Richard; Jackson, Eric; Tammet, Tanel; Labanava, Alena; Pappel, Ingrid; (2021). Social, legal, and technical considerations for machine learning and artificial intelligence systems in government. Proceedings of the 23rd International Conference on Enterprise Information Systems (ICEIS 2021) : Prague, 26 - 28 April 2021, Volume 1. Ed. Filipe, Joaquim; Smialek, Michal; Brodsky, Alexander; Hammoudi, Slimane. SciTePress, 701–708. DOI: 10.5220/0010452907010708.

Tammet, Tanel; Draheim, Dirk; Järv, Priit (2021). Confidences for commonsense reasoning. In: Platzer, André; Sutcliffe, Geoff (Ed.). Automated Deduction - CADE 28 : 28th International Conference on Automated Deduction, Virtual Event, July 12-15, 2021, Proceedings (507–524). Cham: Springer. (Lecture Notes in Artificial Intelligence; 12699). DOI: 10.1007/978-3-030-79876-5_29.

Tammet, Tanel (2021). Autonomous cyber defence capabilities. In: Liivoja, Rain; Väljataga, Ann (Ed.). Autonomous Cyber Capabilities under International Law (Ch. 3, 36–50). Tallinn: CCDCOE. (NATO CCDCOE Publications).

Selected projects in 2021

LEP19078IT (RITA1/02-96-05) "Machine learning and AI powered public service delivery" (1.09.2019–31.12.2021); Principal Investigator: Tanel Tammet; Tallinn University of Technology, School of Information Technologies, Department of Software Science; Financier: Estonian Research Council; Financing: 108 500 EUR.

PhD defenses:

Ago Luberg, Doctor's Degree, 2021, (sup) Tanel Tammet, Consolidation of Crowd-Sourced Geo-Tagged Data for Parameterized Travel Recommendations, Tallinn University of Technology School of Information Technologies, Department of Software Science

- d. Uurimisrühma lõppenud aasta rahvusvahelisel tasemel väljapaistvad teadustulemused (tuua sisuline kirjeldus, mitte artiklite kirjed).
3. Uurimisrühma kohta lisatakse täiendava infona:
 - a. uurimisrühma seotus AAK prioriteetse suunaga (kuni kaks olulisemat suunda);
 - usaldusväärsed IT lahendused
 - targad ja energiatõhusad keskkonnad
 - b. uurimisrühma tegevusega seotud teadusvaldkond – kuni kaks [alamvaldkonda Frascati Manuaali teadusvaldkondade ja -erialade klassifikaatori](#)¹⁷ alusel ja kuni kolm [teaduseriala CERCS klasifikaatori](#)¹⁸ alusel;

¹⁷ <https://www.etis.eu/Portal/Classifiers/Details/ac88df15-7410-4edb-807b-4766f6702074>

¹⁸ [Common European Research Classification Scheme \(CERCS\) Teadusvaldkondade ja -erialade klassifikaator](#)

Frascati:

- 1.2 arvutiteadus ja informaatika
- 5.3 haridusteadused

CERCS: P176 Tehisintellekt, T125 Automatiseerimine, robotika, juhtimistehnika

- c. uurimisrühma liikmete rahvusvahelisel ja riiklikul tasemel olulised tunnustused lõppenud aastal;
- d. uurimisrühma liikmete osalus oluliste TA&I-ga seotud välisorganisatsioonide töös lõppenud aastal.
- e. Info uurimisrühma rakendusliku väljundiga teadus- ja arendustegevuse kohta:
 - i. uurimisrühma senised rakendused ettevõtluses, majanduses, ühiskonnas (kirjeldus ning viited projektidele, lepingutele, uudistele vms);
- Küberturbe alane teadmussiire õppuste ja koolituste kaudu: PipeDrive, Elektrilevi, Kaitsevägi, SK ID Solutions, NATO eFP, Eesti Diplomaatide Kool, jne.
- LITEE20113 – Nutika spetsialiseerumise projekt SK ID Solutions'iga (2020-2021): Õngitsusrünnete vastupanuvõime suurendamine Smart-ID teenuses // Phishing resilience for Smart-ID.
- LEP19022 "Kuluefektiivse ühildatava geodeetilise täpsusega 3D ruumiandmete taristu loomise rakendusuring (1.04.2019–31.03.2021)", Andri Riid, Tallinna Tehnikaülikool, Infotehnoloogia teaduskond, Tarkvarateaduse instituut.
- (Eesti) küberjulgeoleku ja küberturvalisuse alased uuringud MKM-le ja RIA-le
- Osalemine Eesti uue infoturbestandardi väljatöötamise (E-ITS) projektis.
- TalTechi esindamine riigi küberturvalisuse poliitika nõukoja, Eesti Infoturbe Assotsiatsiooni (EISA) ja Euroopa Küberturbe Organisatsiooni (ECISO) töös.
 - ii. käimasolevate projektide/lepingute tulemuste (väljatöötamisel olevad tooted/tehnoloogiad, uued lahendused ja kompetentsid) rakendusvõimalused.
- Kriisijuhtimisõppuste korraldamine
- Tehniliste ja kompleksõppuste konsultatsioon, korraldamine ja disain
- Koolitused
- Riiklike poliitikate ja strateegiate nõustamine Eestis ja väljaspool

8. Mittelineaarsete juhtimissüsteemide töörühm / Nonlinear control systems group

uurimisrühma nimetus; Mittelineaarsete juhtimissüsteemide töörühm / Nonlinear control systems group

7.2. uurimisrühma juhi nimi, ametikoht ja kontaktandmed (telefon, e-posti aadress);

Ülle Kotta, juhtivteadur, Akadeemia tee 21/1, 12618 Tallinn, e-mail: kotta@cc.ioc.ee, tel: (+372) 620 4153 [kuni 01.2022]

Juri Belikov, professor, juri.belikov@taltech.ee [alates 02.2022]

7.3. akadeemilisel ametikohal töötavate uurimisrühma liikmete loetelu (nimeliselt), sh eraldi:

Belikov, Juri professor

Kaldmäe, Arvo teadur

Kaparin, Vadim teadur

Tõnso, Maris teadur

Meurer, Christian nooremteadur

7.3.1. järel doktorid;

Simha, Ashutosh teadur (kuni 21.02.2021)

7.3.2. doktorandid;

Onile, Abiodun Emmanuel doktorant-nooremteadur

Škiparev, Vjatšeslav doktorant-nooremteadur

Uudeberg, Tuuli doktorant-nooremteadur

7.3.3. mitteamakadeemilisel ametikohal töötavad liikmed nimetatakse vaid juhul kui nad panustavad oluliselt teadusuuringutesse (on teaduspublikatsioonide kaasautorid, või panustanud nende valmimisse) ja nende töö on selgelt seotud konkreetse uurimisrühmaga.

Matson, Margarita tarkvaraarendaja

7.4. Uurimisrühma tegevust iseloomustavad võtmesõnad (keywords), minimaalselt kolm.

Mittelineaarsed juhtimissüsteemid, algebralised meetodid, autonoomsed sõidukid, energiasüsteemid /

Nonlinear control systems; algebraic methods; autonomous vehicles; power systems

7.5. Uurimisrühma kompetentside tutvustus (uurimistemaatika, -meetodid, probleemid, mille lahendamisega tegeletakse jm.). Üldjuhul on tutvustuse sisu uurimisrühma juhi enda otsustada, kuid täpsema formaadi võib ette anda ka instituudi direktor (nt. lisaks kompetentside kirjeldusele kuni kolme viimase aasta **KÕIGE OLULISEMAD** projektid¹⁹, **PARIMAD** artiklid jm.).

Koduleht: <https://cc.ioc.ee/dokuwiki/doku.php?id=en:start>

Töörühm on Eesti juhtiv uurimisüksus automaatjuhtimise valdkonnas, keskendudes mittelineaarsetele juhtimissüsteemidele sh mittesiledale, hübriidsetele ja ajas hilistuvatele süsteemidele. Rühm on oluliselt panustanud konstruktiivsete algebraliste meetodite ja nendega seotud sümboltarkvarapaketi NLControl väljatöötamise, mis toetab teadusuuringuid, õpetamist ja rakendusi.

Välja on arendatud universaalne algebraline meetodika, mis lihtsustab erinevate mittelineaarsete juhtimissüsteemidega seotud probleemide uurimist ühildatud vaatenurgast. Põhiidee on konstrueerida juhtimissüsteemiga defineeritud diferentsiaalsete 1-vormide alamruumide (või alammodulite) jadad, mis sisaldavad informatsiooni süsteemi struktuursete omaduste kohta. Antud meetodika põhjal on välja töötatud ressursisäästlik sündmuspõhine juhtimismeetod, mis põhineb süsteemide lameduse omadusel.

Kuigi me arendame valdavalt rakendustest sõltumatuid üldisi meetodeid, mille rakendatavus sõltub pigem matemaatiliste mudelite dünaamilistest omadustest, oleme hiljuti keskendunud mõnele hoolikalt valitud rakendusele, millest osa on määratud Eesti teaduse tippkeskuse EXCITE (kuhu meie töörühm kuulub) ühis-teemade poolt. Nimelt, tegeleme autonoomsete allveerobotite ja ioonjuhitavate elektroaktiivsete polümeertäiturmehhanismide juhtimisega. Viimaste aastate jooksul on erilist tähelepanu pööratud energiasüsteemidega seotud praktilistele probleemidele, mis on modelleeritud mittelineaarsete juhtimissüsteemidena. Täpsemalt, me uurime taastuvenergiaallikate võrku integreerimise fundamentaalseid piire ning, kasutades meetodeid optimaaljuhtimisteooriast, madala inertsiga energiasüsteemides asuvate jaotatud energiasalvestusseadmete võimalikke kitsendusi.

¹⁹ Rõhuasetus peaks olema olulist teaduslikku väljundit andvatel projektidel

Homepage: <https://cc.ioc.ee/dokuwiki/doku.php?id=en:start>

The group is a leading Estonian research unit in automatic control, focusing on nonlinear control systems, including non-smooth, hybrid and time-delay systems. The group has made significant contributions to the development of constructive algebraic methods and the associated symbolic software package NLControl, which supports research, teaching and applications.

A universal algebraic methodology has been developed that simplifies the study of very different problems for nonlinear control systems from unified perspective. The main idea is to construct sequences of subspaces (or submodules) of differential 1-forms that provide a lot of information about the structural properties of the system. For instance, an event-based resource-aware control method based on the concept of differential flatness has been developed.

Although the group is developing predominantly application-independent general methods determined by the dynamic properties of the mathematical models, we have been recently focused on a few carefully chosen applications, some of them addressed within the joint topics in the Estonian Centre of Excellence on IT, our group is part of. These include control of autonomous underwater vehicles and ionic polymer-metal composite actuators. Within the last few years, special attention has been paid to the study of practical problems arising in limits of renewable energy integration, and determine the possible limitations of distributed energy storage devices in low inertia power systems utilizing methods from optimal control theory.

Olulisemad publikatsioonid 2021

1. Machlev, Ram; Perl, Michael; Belikov, Juri; Levy, Kfir; Levron, Yoash (2021). Measuring explainability and trustworthiness of Power Quality Disturbances Classifiers using XAI - Explainable Artificial Intelligence. IEEE Transactions on Industrial Informatics, 1–11. DOI: 10.1109/TII.2021.3126111.

<https://haridus.postimees.ee/7417689/uus-meetod-aitab-moista-masinoppe-hingeelu>

2. 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://novaator.err.ee/1608259206/digitaalsed-kaksikud-teevad-saastlikust-energiatarbimisest-voistluse>

<https://researchinestonia.eu/2021/07/01/digital-twins-compete-for-energy-efficiency>

3. Zbigniew Bartosiewicz, Arvo Kaldmäe, Yu Kawano, Ülle Kotta, Ewa Pawluszewicz, Ashutosh Simha, Malgorzata Wyrwas. Accessibility and System Reduction of Nonlinear Time-Delay Control Systems. IEEE Transactions on Automatic Control, 2021, 66(8), 3781–3788.

Artikkel on üks esimesi, mis uurib mittelineaarse ajalise hilistumisega juhtimissüsteemide juhitavust. Juhitavus on süsteemide fundamentaalne omadus, sest on eelduseks praktiliselt kõigi juhtimismeetodite kasutamisel, tagades usaldusväärse tulemuse. Ajaline hilistumine on loomulik nähtus erinevate valdkondade mudelites, sh robotikas. Antud tulemused on eriti olulised selle poolest, et on konstruktiivsed ning vajadusel lihtsalt implementeeritavad sümboltarkvarana.

Turvalised ja usaldusväärased küber-füüsilised süsteemid on üks kahest Eesti IT tippkeskuse EXCITE uurimissuunast, mille raames uurimus tehti. Info vahetamine andurite, juhtimisalgoritmide ja täiturmehhanismide vahel üle

Artiklis kasutatud aparatuur töötati osaliselt välja sildgrandi PSG424 raames ja artikli tulemused on tulevikus aluseks süsteemi minimaalse esituse leidmisel, mis on Eesti TA ja Poola TA vahelise ühisprojekti põhiteemaks.

IEEE Transactions on Automatic Control on IEEE Control Systems Society poolt välja antav ajakiri, mida peetakse juhtimissüsteemide valdkonna kõige prestiižsemaks ajakirjaks. Ajakirja mõjufaktor on viimase seisuga 5,792.

7.6. Uurimisrühma lõppenud aasta rahvusvahelisel tasemel väljapaistvad teadustulemused (tuua sisuline kirjeldus, mitte artiklite kirjed). {vt eelmine pt}

8. Uurimisrühma kohta lisatakse täiendava infona:

8.2. uurimisrühma seotus AAK prioriteetse suunaga (kuni kaks olulisemat suunda);

- Dependable IT solutions
- Smart and energy efficient environments

8.3. uurimisrühma tegevusega seotud teadusvaldkond – kuni kaks [alamvaldkonda Frascati Manuali teadusvaldkondade ja -erialade klassifikaatori](#)²⁰ alusel ja kuni kolm [teaduseriala CERCS klasifikaatori](#)²¹ alusel;

Frascati: 1. Natural Sciences; 1.2. Computer and information sciences

2. Engineering and technology; 2.2 Electrical engineering, electronic engineering, information engineering

CERCS: P170 Arvutiteadus, arvutusmeetodid, süsteemid, juhtimine (automaatjuhtimisteooria),

8.4. uurimisrühma liikmete rahvusvahelisel ja riiklikul tasemel olulised tunnustused lõppenud aastal;

8.5. uurimisrühma liikmete osalus oluliste TA&I-ga seotud välisorganisatsioonide töös lõppenud aastal.

Ülle Kotta

- IEEE robustsete ja keerukate süsteemide töörühma liige / Member of the IEEE TC on Robust and Complex Systems
- IFAC'i mittelineaarsete juhtimissüsteemide töörühma liige / Member of the IFAC Technical Committee on Non-Linear Control Systems

8.6. Info uurimisrühma rakendusliku väljundiga teadus- ja arendustegevuse kohta:

8.6.1. uurimisrühma senised rakendused ettevõtluses, majanduses, ühiskonnas (kirjeldus ning viited projektidele, lepingutele, uudistele vms);

LITEE20012 "Energy flexibility service pilot project - Stage 1"

LITEE20107A "Energy flexibility service pilot project - Stage 2"

LITEE20016 "Applied research on connecting power market demand response service platforms to advanced electric power consumables and intelligent system planning and management"

COVSG22 "Monte-Carlo analysis of the spreading rate of a virus as a function of human mobility and social distancing"

TAR16013 (EXCITE) (TK148) "Estonian Centre of Excellence in ICT Research" (1.09.2016–1.03.2023); Principal Investigator: Maarja Kruusmaa; Tallinn University of Technology, School of Information Technologies, Centre for Biorobotics, Cybernetica AS (partner); Financier: Archimedes Foundation

New projects:

²⁰ <https://www.etis.ec/Portal/Classifiers/Details/ac88df15-7410-4edb-807b-4766f6702074>

²¹ [Common European Research Classification Scheme \(CERCS\) Teadusvaldkondade ja -erialade klassifikaator](#)

PRG1463 "Modeling and control of Low-INertia Systems (LINES)" (1.01.2022–31.12.2026); Principal Investigator: Juri Belikov; Tallinn University of Technology, School of Information Technologies, Department of Software Science; Financier: Estonian Research Council

8.6.2. käimasolevate projektide/lepingute tulemuste (väljatöötamisel olevad tooted/tehnoloogiad, uued lahendused ja kompetentsid) rakendusvõimalused.

Rühma unikaalset pädevust ning teoreetilisi tulemusi on võimalik rakendada erinevates valdkondades, sealhulgas (a) robotikas, (b) tööstusprotsesside juhtimises, (c) elektrotehnikas ja energeetikas.

The unique competence and theoretical results of the research group can be applied in several areas, including: (a) robotics, (b) process control, (c) electrical engineering and energy management.

9. Küberkriminalistika ja küberjulgeoleku keskus/ Centre for Digital Forensics and Cyber Security

uurimisrühma nimetus; küberkriminalistika ja küberjulgeoleku keskus/Centre for Digital Forensics and Cyber Security

uurimisrühma juhi nimi, ametikoht ja kontaktandmed (telefon, e-posti aadress);

Rain Ottis, professor, rain.ottis@taltech.ee, +372 620 2328

akadeemilisel ametikohal töötavate uurimisrühma liikmete loetelu (nimeliselt), sh eraldi:

- Maennel, Olaf Manuel professor
- Buldas, Ahto professor
- Bahsi, Hayretdin sihtrahastusega professor
- Sütterlin, Stefan kaasatud professor
- Sorell, Matthew James kaasatud professor
- Venables, Adrian Nicholas vanemteadur
- Kull, Andro vanemteadur (keskuses kuni 2021)
- Osula, Anna-Maria vanemteadur
- Vaarandi, Risto vanemteadur
- Lorenz, Birgy vanemteadur (kuni 01.2022 teadur)
- Maennel, Kaie teadur (kuni 2021 doktorant-nooremteadur)
- Mäses, Sten teadur (kuni 2021 doktorant-nooremteadur)
- Lepik, Toomas nooremteadur (kuni 01.2022)

doktorandid;

- Khalil, Shaymaa Mamdouh Mohammed Radwan doktorant-nooremteadur
- Tšikul, Pavel doktorant-nooremteadur
- Heering, Dan doktorant-nooremteadur
- Roberts, Andrew James doktorant-nooremteadur
- Guerra Manzanares, Alejandro doktorant-nooremteadur
- Orye, Erwin Rudi J. tööstusdoktorant
- Pihelgas, Mauno tööstusdoktorant (kaitses doktorikraadi augustis 2021)
- Arik, Marko tööstusdoktorant
- Kullman, Kaur tööstusdoktorant
- Laks, Sille tööstusdoktorant
- Snetkov, Nikita tööstusdoktorant
- Visky, Gabor tööstusdoktorant

mitteakadeemilisel ametikohal töötavad liikmed nimetatakse vaid juhul kui nad panustavad oluliselt teadusuuringutesse (on teaduspublikatsioonide kaasautorid, või panustanud nende valmimisse) ja nende töö on selgelt seotud konkreetse uurimisrühmaga.

Hovhannisyan, Kristine analüütik (keskuses kuni 2021)

Dola, Henry Ochieng' analüütik

Priisalu, Jaan analüütik

Sõmer, Tiia analüütik

Lovell, Kieren projektijuht

8.7. Uurimisrühma tegevust iseloomustavad võtmesõnad (keywords), minimaalselt kolm.

Küberturvalisus, digitaalne ekspertiis, krüptograafia

Cyber security, digital forensics, cryptography

- 8.8. Uurimisrühma kompetentside tutvustus (uurimistemaatika, -meetodid, probleemid, mille lahendamiseks tegeletakse jm.). Üldjuhul on tutvustuse sisu uurimisrühma juhi enda otsustada, kuid täpsema formaadi võib ette anda ka instituudi direktor (nt. lisaks kompetentside kirjeldusele kuni kolme viimase aasta **KÕIGE OLULISEMAD** projektid²², **PARIMAD** artiklid jm.).

Küberkriminalistika ja küberjulgeoleku keskus tõstab Eesti küberturvalisuse kompetentsi läbi hariduse, teaduse ja teadmussiidre. Keskuse eksperdid esindavad erinevaid teadusvaldkondi nagu arvutiteadus, õigusteadus ja psühholoogia. See võimaldab uurimisrühmal ette võtta tänapäeva keerulisi küberturvalisuse probleeme, mis vajavad interdistsiplinaarset lähenemist.

Keskuse peamised uurimissuunad on: elutähtsa infotaristu kaitse (fookusega e-valitsemise ja transpordisektoritel), krüptograafia, võrgumonitoring, digitaalne ekspertiis, haridusteadus ning küberjulgeoleku strateegilised küsimused.

Käimas on mitmeid mahukaid projekte, nende hulgas koostöö Euroopa küberkaitse keskuste võrgustiku ning innovatsiooni ja operatsioonide kompetentsikeskuse (ECHO) (<https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/3a9c4f13-6141-4b1c-bb16-662a440b4426>) loomisel, mille elluviimine pakub organiseeritud ja koordineeritud lähenemisviisi, mis läbi efektiivse ja tõhusa sektoriteülese koostöö tõstab Euroopa Liidu ennetavat küberkaitse võimekust ning MariCybERA projekt, mille tulemusena moodustatakse TalTech-is merenduse küberturvalisuse õppetool.

1.1 artiklid

Guerra-Manzanares, Alejandro; Bahsi, Hayretdin; Nömm, Sven (2021). KronoDroid: time-based hybrid-featured dataset for effective android malware detection and characterization. *Computers & Security*, 110, 1–32. DOI: 10.1016/j.cose.2021.102399.

3.1. artiklid

Chikul, Pavel; Bahsi, Hayretdin; Maennel, Olaf (2021). An ontology engineering case study for advanced digital forensic analysis. *Model and Data Engineering : 10th International Conference, MEDI 2021, Tallinn, Estonia, June 21-23, 2021, Proceedings*. Ed. Attiogbé, Christian; Ben Yahia, Sadok. Cham: Springer, 67–74. (Lecture Notes in Computer Science; 12732). DOI: 10.1007/978-3-030-78428-7_6.

Maennel, Kaie; Kivimägi, Kristian; Maennel, Olaf; Sütterlin, Stefan; Ernits, Margus (2021). Remote technical Labs: an innovative and scalable component for university cybersecurity program admission. *Educating Engineers for Future Industrial Revolutions : Proceedings of the 23rd International Conference on Interactive Collaborative Learning (ICL2020), Volume 2*. Ed. Auer, Michael E; Rüttemann, Tiia. Cham: Springer, 521–533. (Advances in Intelligent Systems and Computing; 1329). DOI: 10.1007/978-3-030-68201-9_51.

Mäses, Sten; Maennel, Olaf Manuel; Sütterlin, Stefan (2021). Using competency mapping for skills assessment in an introductory cybersecurity course. *Educating Engineers for Future Industrial Revolutions : Proceedings of the 23rd International Conference on Interactive Collaborative Learning (ICL2020), Volume 2*. Ed. Auer, Michael E; Rüttemann, Tiia. Cham: Springer, 572–583. (Advances in Intelligent Systems and Computing; 1329). DOI: 10.1007/978-3-030-68201-9_56.

Roberts, Andrew; Snetkov, Nikita; Maennel, Olaf; (2021). Cybersecurity Test Range for Autonomous Vehicle Shuttles. *Proceedings of the 2021 IEEE European Symposium on Security and Privacy Workshops, September 7, 2021 (EuroS&PW)*. IEEE, 239–249. DOI: 10.1109/EuroSPW54576.2021.00031.

Sömer, Tiia (2021). Methodology for Modelling Financially Motivated Cyber Crime. *International Conference on Cyber Warfare and Security; Reading, (Feb 2021)*. DOI:10.34190/IWS.21.099

Vaarandi, Risto (2021). A stream clustering algorithm for classifying network IDS alerts. *Proceedings of the 2021 IEEE International Conference on Cyber Security and Resilience (CSR) - July 26-28, 2021, Virtual Conference*. IEEE, 14–19. DOI: 10.1109/CSR51186.2021.9527926.

<https://taltech.ee/en/centre-for-digital-forensics-cyber-security/publications>

²² Rõhuasetus peaks olema olulist teaduslikku väljundit andvatel projektidel

TalTech Centre for Digital Forensics and Cyber Security works towards raising Estonian cyber security competence and capacity through education, research and knowledge transfer. The research team includes experts from various scientific disciplines, including computer science, law and psychology. Such a team can take on today's complex cyber security issues that require an interdisciplinary approach.

The main research directions of the Centre are: Critical Information Infrastructure Protection (focus on eGovernance and transportation sectors), cryptography, network monitoring, digital forensics, education research, and cyber security strategy and policy.

A number of large-scale projects are ongoing, including cooperation on the creation of a European network of Cybersecurity centres and competence Hub for innovation and Operations (ECHO) (<https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/3a9c4f13-6141-4b1c-bb16-662a440b4426>), which delivers an organized and coordinated approach to improve proactive cyber defence of the European Union, through effective and efficient multi-sector collaboration; and the MariCybERA project, which will lead to establishing new multidisciplinary Centre for Maritime Cyber Security at TalTech.

8.9. Uurimisrühma lõppenud aasta rahvusvahelisel tasemel väljapaistvad teadustulemused (tuua sisuline kirjeldus, mitte artiklite kirjed).

9. Uurimisrühma kohta lisatakse täiendava infona:

9.2. uurimisrühma seotus AAK prioriteetse suunaga (kuni kaks olulisemat suunda);

- usaldusväärsed IT lahendused
- targad ja energiatõhusad keskkonnad

9.3. uurimisrühma tegevusega seotud teadusvaldkond – kuni kaks [alamvaldkonda Frascati Manuali teadusvaldkondade ja -erialade klassifikaatori](#)²³ alusel ja kuni kolm [teaduseriala CERCS klasifikaatori](#)²⁴ alusel;

Frascati:

- 1.2 arvutiteadus ja informaatika
- 5.3 haridusteadused

CERCS: P175 Informaatika, süsteemiteooria, P170 Arvutiteadus, arvutusmeetodid, süsteemid, juhtimine (automaatjuhtimisteooria), T120 Süsteemitehnoloogia, arvutitehnoloogia

9.4. uurimisrühma liikmete rahvusvahelisel ja riiklikul tasemel olulised tunnustused lõppenud aastal; Hetkel ei meenu (seda ma peaks juurde küsima siis)

9.5. uurimisrühma liikmete osalus oluliste TA&I-ga seotud välisorganisatsioonide töös lõppenud aastal. Äkki Olafil või Rainil on neid? Seda peaks juurde uurima

9.6. Info uurimisrühma rakendusliku väljundiga teadus- ja arendustegevuse kohta:

9.6.1. uurimisrühma senised rakendused ettevõtluses, majanduses, ühiskonnas (kirjeldus ning viited projektidele, lepingutele, uudistele vms);

9.6.2. käimasolevate projektide/lepingute tulemuste (väljatöötamisel olevad tooted/tehnoloogiad, uued lahendused ja kompetentsid) rakendusvõimalused.

Koostöös SK ID Solutions AS'ga viidi 2021. aastal ellu koostööprojekt "Õngitsusrünnete vastupanuvõime suurendamine Smart-ID teenuses", mille käigus analüüsiti veel kasutamata võimalusi ründajate tegevuse peatamiseks.

https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/0904bae5-00ec-4868-9b79-173ff2eee606?tabId=tab_General-Data

Algas koostöö Majandus- ja kommunikatsiooniministeeriumiga küberturvalisuse alase teadus- ja arendustegevuse võimekuse jätkusuutlikuks kasvatamiseks ning olemasoleva võimekuse laiendamiseks.

<https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/3ee3aa1c-5a3c-4b8b-8297-e88383c02df3>

Jätkus koostöö Eesti Kaitseministeeriumiga küberkaitse talentide, järelkasvu ja teadlikkuse toetamisel.

²³ <https://www.etis.ee/Portal/Classifiers/Details/ac88df15-7410-4edb-807b-4766f6702074>

²⁴ [Common European Research Classification Scheme \(CERCS\) Teadusvaldkondade ja -erialade klassifikaator](#)

Osalemine NATO CCDCOE poolt korraldatava küberkaitseõppuse Locked Shields elluviimises korraldavas meeskonnas.

In 2021 we delivered a project „Phishing resilience for Smart-ID“ in collaboration with SK ID Solutions AS, where we worked together to explore opportunities to stop attackers.

We work together with the Ministry of Economic Affairs and Communications for the Sustainable development of cyber security R&D capability in TalTech Centre for Digital Forensics and Cyber Security.

In collaboration with the Ministry of Defence, we work towards cyber security talent development and awareness raising.

Participation in the team organising the NATO CCDCOE cyber defence exercise Locked Shields (white team and sub-teams leadership).

10. Äriinfotehnoloogia töörühm/Business Information Technology Group

10. Uurimisrühma tutvustus koosneb:

10.2. uurimisrühma nimetus;

Äriinfotehnoloogia töörühm

Business Information Technology Group

10.3. uurimisrühma juhi nimi, ametikoht ja kontaktandmed (telefon, e-posti aadress);

Gunnar Piho, dotsent, gunnar.piho@taltech.ee, 0000-0003-4488-3389

10.4. akadeemilisel ametikohal töötavate uurimisrühma liikmete loetelu (nimeliselt), sh eraldi:

Eessaar, Erki, dotsent, PhD, 0000-0001-5972-3412

Puusep, Viljam, lektor, 0000-0001-8597-5445

Murtazin, Kristina, lektor, doktorant 0000-0001-9605-756X

Hiie, Kristiina, lektor, 0000-0002-8135-4737

Jõgiste, Liisa, lektor

Švartsman, Inna, lektor

Vendelin, Jelena, lektor, PhD

Treier, Tarvo, lektor

Shvets, Oleg, doktorant, 0000-0003-2171-3512

10.4.1. mitteakadeemilisel ametikohal töötavad liikmed nimetatakse vaid juhul kui nad panustavad oluliselt teadusuuringutesse (on teaduspublikatsioonide kaasautorid, või panustanud nende valmimisse) ja nende töö on selgelt seotud konkreetse uurimisrühmaga.

Tšukrejeva, Jekaterina, assistent

Karu, Karl-Erik, assistent, 0000-0002-9251-6439

10.5. Uurimisrühma tegevust iseloomustavad võtmesõnad (keywords), minimaalselt kolm.

professional applications,

dependable, interoperable and evolutionarily changeable enterprise applications,

business software,

future professionals,

professional education

10.6. Uurimisrühma kompetentside tutvustus (uurimistemaatika, -meetodid, probleemid, mille lahendamise tegeletakse jm.). Üldjuhul on tutvustuse sisu uurimisrühma juhi enda otsustada, kuid täpsema formaadi võib ette anda ka instituudi direktor (nt. lisaks kompetentside kirjeldusele kuni kolme viimase aasta **KÕIGE OLULISEMAD** projektid²⁵, **PARIMAD** artiklid jm.).

Äriinfotehnoloogia töörühma põhitegevuseks on äriinfotehnoloogia lahenduste arendamine ja analüüsimine, usaldusväärsete, koostoimivate ja arenevate rakenduste teooriad ja praktilised lahendused, tuleviku spetsialistide hariduse tõstmine.

The focus of the business information technology group is a theory and practice of dependable, interoperable and evolutionarily changeable enterprise applications and the education of a future specialist in the field.

²⁵ Rõhuasetus peaks olema olulist teaduslikku väljundit andvatel projektidel

Eessaar E. (2021) The Usage of Declarative Integrity Constraints in the SQL Databases of Some Existing Software. In: Silhavy R. (eds) Software Engineering and Algorithms. CSOC 2021. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 230. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-77442-4_33

Eessaar E. (2020) Automating Detection of Occurrences of PostgreSQL Database Design Problems. In: Robal T., Haav HM., Penjam J., Matulevičius R. (eds) Databases and Information Systems. DB&IS 2020. Communications in Computer and Information Science, vol 1243. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-57672-1_14

O. Shvets, K. Murtazin and G. Piho, "Providing Feedback for Students in E-Learning Systems: a Literature Review, based on IEEE Explore Digital Library," *2020 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, 2020, pp. 284-289, doi: 10.1109/EDUCON45650.2020.9125344.

K. Murtazin, O. Shvets and G. Piho, "Literature Review on Work-Based Learning," *2020 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, 2020, pp. 1-8, doi: 10.1109/FIE44824.2020.9274264.

Udal A., Kukk V., Jaanus M., Umbleja K., Piho G. (2019) Student Behavior Changes in Estonia Revealed by e-Learning Technology. In: Väljataga T., Laanpere M. (eds) Digital Turn in Schools — Research, Policy, Practice. Lecture Notes in Educational Technology. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-13-7361-9_6

Udal A., Jaanus M., Piho G. (2021) Task-Based Mobile Learning ISC-System: Built-In Coronavirus Immunity Confirmed. In: Auer M.E., Rützmann T. (eds) Educating Engineers for Future Industrial Revolutions. ICL 2020. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 1329. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-68201-9_59

K. Murtazin, O. Shvets and G. Piho, "Curriculum for Business Information Technology Studies at BSc and MSc Levels – Observations from a Long-term Educational Endeavour," *2020 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, 2020, pp. 409-418, doi: 10.1109/EDUCON45650.2020.9125345.

10.7. Uurimisrühma lõppenud aasta rahvusvahelisel tasemel väljapaistvad teadustulemused (tuua sisuline kirjeldus, mitte artiklite kirjed).

Uurimisrühm on alles alustanud. Sisuliselt on toimetatud koos umbes aasta. Selle aasta jooksul on kokku lepitud peamine uurimissuund – kõik, mis on seotud üliõpilaste õpetamisega, aga eritu just üliõpilastele automaatse personaalse tagasiside andmisega. Grupp on alustanud regulaarseid seminare. Grupiga on teadusliku juhendajana liitunud VUA (Vrije Universiteit Amsterdam) professor Martijn Meeter (TalTechis 0.1 kohta)

11. Uurimisrühma kohta lisatakse täiendava infona:

11.2. uurimisrühma seotus AAK prioriteetse suunaga (kuni kaks olulisemat suunda);

usaldusväärsed IT lahendused

11.3. uurimisrühma tegevusega seotud teadusvaldkond – kuni kaks [alamvaldkonda Frascati Manuaali teadusvaldkondade ja -erialade klassifikaatori](#)²⁶ alusel ja kuni kolm [teaduseriala CERCS klasifikaatori](#)²⁷ alusel;

Frascati: 1.2 arvutiteadus ja informaatika

5.3 haridusteadused

CERCS: P175 Informaatika, süsteemiteooria, S270, Pedagoogika ja didaktika, P170 Arvutiteadus, arvutusmeetodid, süsteemid, juhtimine (automaatjuhtimisteooria)

²⁶ <https://www.etis.ec/Portal/Classifiers/Details/ac88df15-7410-4edb-807b-4766f6702074>

²⁷ [Common European Research Classification Scheme \(CERCS\) Teadusvaldkondade ja -erialade klassifikaator](#)

11.4. uurimisrühma liikmete rahvusvahelisel ja riiklikul tasemel olulised tunnustused lõppenud aastal;

Neid praegu ei ole

11.5. uurimisrühma liikmete osalus oluliste TA&I-ga seotud välisorganisatsioonide töös lõppenud aastal.

Gunnar Piho: Member of the local initiative group for the COST Action (Beneficial and Trustworthy Human-Agent e-Government)

11.6. Info uurimisrühma rakendusliku väljundiga teadus- ja arendustegevuse kohta:

11.6.1. uurimisrühma senised rakendused ettevõtluses, majanduses, ühiskonnas (kirjeldus ning viited projektidele, lepingutele, uudistele vms);

Peamine on äriinfotehnoloogia bakalaureuse õppekava meeskonnaprojektide aine raames tehtavate ettevõtete projektidega

11.6.2. käimasolevate projektide/lepingute tulemuste (väljatöötamisel olevad tooted/tehnoloogiad, uudsed lahendused ja kompetentsid) rakendusvõimalused.

Neid praegu ei ole

11. Tugevalt tagatud tarkvara laboratoorium / High-assurance software laboratory

uurimisrühma nimetus;

Tugevalt tagatud tarkvara laboratoorium / High-assurance software laboratory

uurimisrühma juhi nimi, ametikoht ja kontaktandmed (telefon, e-posti aadress);

Tarmo Uustalu, juhtivteadur, 620 4250, tarmo@cs.ioc.ee, 0000-0002-1297-0579

akadeemilisel ametikohal töötavate uurimisrühma liikmete loetelu (nimeliselt), sh eraldi:

Jüri Vain, kaasprofessor tenuuris, 0000-0002-0700-7972

Maksym Bortin, teadur, 0000-0003-4749-4987

Silvio Capobianco, vanemteadur, 0000-0002-2936-0419

Juhan-Peep Ernits, dotsent, 0000-0002-4591-0425

Denis Firsov, teadur, 0000-0003-1267-7898

Evelin Halling, lektor, 0000-0003-2289-188X

Gert Kanter, lektor, 0000-0002-8201-8540

Marko Kääramees, dotsent, instituudi direktor, 0000-0003-2315-7118

Hendrik Maarand, teadur, 0000-0002-1967-4297

Sven Nõmm, vanemteadur, 0000-0001-5571-1692

Hellis Tamm, vanemteadur, 0000-0001-5446-3762

Leonidas Tsiopoulos, vanemteadur, 0000-0002-3994-3810

Niccolò Veltri, teadur, 0000-0002-7230-3436

Exequiel Rivas, teadur, 0000-0002-2114-624X

Stephan Spahn, järeldoktor-teadur, 0000-0003-1148-842X

Niels Voorneveld, järeldoktor-teadur, 0000-0001-6650-3493

Philipp Joram, doktorant-nooremteadur al sept 2021, 0000-0002-0448-7907

Rajesh Kalakoti, doktorant-nooremteadur, 0000-0001-7390-8034

Martin Simon, doktorant-nooremteadur

Elli Valla, doktorant-nooremteadur, 0000-0003-0218-7158

Cheng-Syuan Wan, doktorant-nooremteadur al jaan 2021

mitteakadeemilisel ametikohal töötavad liikmed nimetatakse vaid juhul kui nad panustavad oluliselt teadusuuringutesse (on teaduspublikatsioonide kaasautorid, või panustanud nende valmimisse) ja nende töö on selgelt seotud konkreetse uurimisrühmaga.

Uurimisrühma tegevust iseloomustavad võtmesõnad (keywords), minimaalselt kolm.

funktsionaalne ja sõltuvalt tüübitud programmeerimine,

tarkvara verifitseerimine ja testimine,

formaliseeritud programmeerimisteooria

/

functional and dependently-typed programming,

software verification and testing,

formalized programming theory

Uurimisrühma kompetentside tutvustus (uurimistemaatika, -meetodid, probleemid, mille lahendamiseга tegeletakse jm.). Üldjuhul on tutvustuse sisu uurimisrühma juhi enda otsustada, kuid täpsema formaadi võib ette anda ka instituudi direktor (nt. lisaks kompetentside kirjeldusele kuni kolme viimase aasta **KÕIGE OLULISEMAD** projektid²⁸, **PARIMAD** artiklid jm.).

Rühm uurib tugevalt tagatud tarkvara arendamise teooriaid, meetodeid ja tööriistu, spetsialiseerudes nii tõestustele (sertifitseeritud tarkvara) kui ka testimisele.

/

The group conducts research into theories, methods and tools for developing high-assurance software, specializing on both proofs (certified software) and testing.

Uurimisrühma lõppenud aasta rahvusvahelisel tasemel väljapaistvad teadustulemused (tuua sisuline kirjeldus, mitte artiklite kirjed).

Koguti ja kureeriti andmekogu Androidi pahavara identifitseerimiseks, mis katab operatsioonisüsteemi kogu ajaloo.

Näidati, kuidas ajatembeldusele tuginedes saab konstrueerida digiallkirjaskeemi, mis lubab sama võtme paari korduvat kasutamist, ning selle turvalisuse kontrollitavalt tõestada.

Leiti fookuseeritud sekvensiarvutused osaliselt normaalsete kiivmonoidiliste kategooriate, kiivate prounitaalsete ja kiivate sümmeetriliste monoidiliste kategooriate jaoks.

/

A dataset for detection of Android malware was collected and curated that covers the full history of the operating system.

A construction was given for a digital signature scheme that makes it possible to use the same key pair multiple times based on timestamping.

Focused sequent calculi were identified for partially normal skew monoidal, skew prounital closed ja skew symmetric monoidal closed categories.

Publikatsioonid:

A. Guerra-Manzanares, H. Bahsi, S. Nõmm. KronoDroid: time-based hybrid-featured dataset for effective android malware detection and characterization. *Computers and Security*, v. 110, pp. 1-32. doi:10.1016/j.cose.2021.102399.

D. Firsov, H. Lakk, A. Truu. Verified multiple-time signature scheme from one-time signatures and timestamping. In *Proc. of 34th IEEE Computer Security Foundations Symp., CSF 2021 (Dubrovnik, June 2021)*, pp. 653-665. IEEE, 2021. doi:10.1109/csf51468.2021.00051

T. Uustalu, N. Veltri, N. Zeilberger. The sequent calculus of skew monoidal categories. In C. Casadio, P. J. Scott, eds., *Joachim Lambek: The Interplay of Mathematics, Logic, and Linguistics*, v. 20 of *Outstanding Contributions to Logic*, pp. 377-406. Springer, 2021. doi:10.1007/978-3-030-66545-6_11

Uurimisrühma kohta lisatakse täiendava infona:

uurimisrühma seotus AAK prioriteetse suunaga (kuni kaks olulisemat suunda);

Usaldusväärsed IT-lahendused / Dependable IT solutions

Tulevikku vaatav riigivalitsemine / Future governance

uurimisrühma tegevusega seotud teadusvaldkond – kuni kaks [alamvaldkonda Frascati Manuaali teadusvaldkondade ja -erialade klassifikaatori](#)²⁹ alusel ja kuni kolm [teaduseriala CERCS klasifikaatori](#)³⁰ alusel;

1.2 Arvutiteadus ja informaatika / Computer and information sciences

P110 Matemaatiline loogika, hulgateooria, kombinatoorika / Mathematical logic, set theory, combinatorics

P170 Arvutiteadus, arvutusmeetodid, süsteemid, juhtimine / Computer science, numerical analysis, systems, control

uurimisrühma liikmete rahvusvahelisel ja riiklikul tasemel olulised tunnustused lõppenud aastal;

Tarmo Uustalu esines kutsutud ettekandjana töötoas 2021 Workshop on Polynomial Functors, kutsutud lektorina suvekoolides Midlands Graduate School 2021 ja Oregon Programming Languages Summer School 2021. Niccolò Veltri pälvis kaastaotlejana rahastuse COSTi aktsioonile CA20111 EuroProofNet. Sven Nõmm võitis ETAGi arendusgrandi EAG143, Stephan Spahn järeldoktori grandit MOBJD1090, Niccolò Veltri startigrandi PSG749. Juhan Ernits osales MKMi rahastuse saanud Artificial Intelligence and Robotics Estonia (AIRE) keskuse (<https://aire-edih.eu/>) ettevalmistamisel.

/

Tarmo Uustalu gave an invited talk at the 2021 Workshop on Polynomial Functors and was an invited lecturer at Midlands Graduate School 2021 and Oregon Programming Languages Summer School 2021. Niccolò Veltri was a coproposer for the COST action CA20111 EuroProofNet, which was granted. Sven Nõmm was

²⁹ <https://www.etis.ec/Portal/Classifiers/Details/ac88df15-7410-4edb-807b-4766f6702074>

³⁰ [Common European Research Classification Scheme \(CERCS\) Teadusvaldkondade ja -erialade klassifikaator](#)

awarded a development grant EAG143 of ETAG, Stephan Spahn a postdoctoral grant MOBJD1090, Niccolò Veltri a starting grant PSG749. Juhan Ernits was instrumental in setting up of the Artificial Intelligence and Robotics (AIRE) center (<https://aire-edih.eu/>), which received MKM funding.

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

Sven Nõmm töötas IFACi tehnilise komitee 4.5 aseesimehena. Tarmo Uustalu osales IFIPi töörühma 2.1 tegevustes ja konverentsisarja ETAPS, ICTAC, MPC juhttoimkondades. Niccolò Veltri korraldas UNESCO ülemaailmse loogikapäeva Eesti ürituse ning hübriidkonverentsi PDP/LOPSTR 2021 Tallinnas (<https://cs.ioc.ee/ppdp-lopstr21/>).

/

Sven Nõmm worked as vice-chair for IFAC Technical Committee 4.5. Tarmo Uustalu participated in the activities of the IFIP Working Group 2.1 and in the steering committees of the ETAPS, ICTAC, MPC conference series. Niccolò Veltri organized an online UNESCO World Logic Day Estonia event and the hybrid PDP/LOPSTR 2021 conference in Tallinn (<https://cs.ioc.ee/ppdp-lopstr21/>).

Info uurimisrühma rakendusliku väljundiga teadus- ja arendustegevuse kohta:

uurimisrühma senised rakendused ettevõtluses, majanduses, ühiskonnas (kirjeldus ning viited projektidele, lepingutele, uudistele vms);

käimasolevate projektide/lepingute tulemuste (väljatöötamisel olevad tooted/tehnoloogiad, uued lahendused ja kompetentsid) rakendusvõimalused.