

# Tarkvarateaduse instituudi 2022. aasta teadus- ja arendustegevuse ülevaade

## Overview of the department's research and development activities in 2022

In order to compile a summary report of the university's R&D and to introduce the results of the university's research to the general public, please highlight the **most important (up to 3) success stories** (e.g. an outstanding research result, an important initiated collaboration, an interesting application, etc.) **of your department in 2022**. Kindly make sure the explanatory text is comprehensible to the average reader.

Two research groups - Lab for Compositional Systems and Methods and Centre for Digital Forensics and Cyber Security – started a Horizon Europe Excellence Hub project „Estonian-South Moravian Horizon Center of Excellence in Cybersecurity (CHESS)” (2023-2026) to develop in collaboration with Czech and Estonian partners a strategic view in the field of Cybersecurity.

PhD students Elena Di Lavore and Mario Román were awarded the prestigious 2022 Kleene Award, for best student-authored paper at the 2022 A\*-rated Logic in Computer Science conference.

## Recommended format to provide an overview of the activities of the research group

1. Please draw up the overview of the research group (see sections 2.1 - 2.7) in two languages: **Estonian and English**. The total volume of the overview in one language is maximum 2 700 characters (with spaces).

2. The research group's overview should consist of:

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

**Andmeteaduse töörühm / Data Science group**

2.2. 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**

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

- **Jaak Henno, vanemteadur / Senior Researcher**
- **Innar Liiv, kaasprofessor / Associate Professor, 0000-0001-5236-0145**
- **Ahti Lohk, lektor / Lecturer, 0000-0003-0751-6715**
- **Ants Torim, lektor / Lecturer, 0000-0003-1436-1328**
- **Deniss Kumlander, vanemteadur / Senior Researcher, 0000-0001-7894-6427 (lahkus / Left 18.08.2022)**

2.3.1. postdoctoral fellows;

- **Imen Ben Sassi, järeldoktor-teadur/Postdoctoral Researcher, 0000-0001-8772-9731 (lahkus / Left 30.06.2022)**
- **Wissem Inoubli, järeldoktor-teadur/Postdoctoral Researcher, 0000-0001-5121-9043 (lahkus / Left February 2022 13.02.2022)**

2.3.2. doctoral students;

- **Chahinez Ounoughi, doktorant-nooremteadur / Early Stage Researcher, 0000-0002-2063-2844**
- **Markko Liutkevičius, doktorant-nooremteadur / Early Stage Researcher, 0000-0002-2138-8935**
- **Nzamba Bignoumba, doktorant-nooremteadur / Early Stage Researcher, 0000-0002-2539-8831**
- **Kyrylo Medianovskyi, tööstusdoktorant / Industrial PhD student, 0000-0001-7295-0871**
- **Nasim Eslamirad, doktorant (co-supervised with Francesco de Luca from Academy of Architecture and Urban Studies / Arhitektuuri ja urbanistika akadeemia), 0000-0002-4086-8934**

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).

- **Grete Lind, spetsialist / Specialist, 0000-0003-4820-1330**
- **Leo Võhandu, konsultant / Consultant**
- **Anna Jõgi, robotikainsener (lahkus / Left 31.01.2022)**
- **Martin Rebane, süvaõppe insener/Deep Learning Research Engineer, 0000-0002-3592-6044 (lahkus / Left 20.03.2022)**

### PLEASE NOTE that all members of the research group should:

- have an updated CV in the [Estonian Research Information System \(ETIS\)](#), including the personalized ORCID<sup>1</sup> (Open Researcher and Contributor ID) and [CERCS classification](#) in the section "Fields of research" on the CV qualification page.
- link their Scopus profile to the personal ORCID-iD<sup>2</sup> (if they have a Scopus account).

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

<sup>1</sup> <https://orcid.org/signin>

<sup>2</sup> The guide is available on the intranet:

<https://confluence.ttu.ee/ti/teaduspublikatsioonide-autorite-identifitseerimiskoodide-registreeimine-27366227.html>

- **Urban mobility / linnaliiklus**
- **Intelligent Transportation systems / Intelligentised transpordisüsteemid**
- **Near real-time big data analytics / ligi-reaalaja suurandmete analüüs**
- **Edge-AI / servatehisintellekt**

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 Data Science Group is carrying out research activities that 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, 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 2022 / Valitud publikatsioonid 2022:**

**Chahinez Ounoughi, Sadok Ben Yahia:** Data fusion for ITS: A systematic literature review. *Inf. Fusion* 89: 267-291 (2023)

**Bassem Sellami, Akram Hakiri, Sadok Ben Yahia, Pascal Berthou:** Energy-aware task scheduling and offloading using deep reinforcement learning in SDN-enabled IoT network. *Comput. Networks* 210: 108957 (2022)

**Mohamed Ali Ben Hassine, Safa Abdellatif, Sadok Ben Yahia:** A novel imbalanced data classification approach for suicidal ideation detection on social media. *Computing* 104(4): 741-765 (2022)

**Manel Souibgui, Faten Atigui, Sadok Ben Yahia, Samira Si-Said Cherfi:** An embedding driven approach to automatically detect identifiers and references in document stores. *Data Knowl. Eng.* 139: 102003 (2022)

**Bassem Sellami, Akram Hakiri, Sadok Ben Yahia:** Deep Reinforcement Learning for energy-aware task offloading in join SDN-Blockchain 5G massive IoT edge network. *Future Gener. Comput. Syst.* 137: 363-379 (2022)

**Chahinez Ounoughi, Ghofrane Touibi, Sadok Ben Yahia:** EcoLight: Eco-friendly Traffic Signal Control Driven by Urban Noise Prediction. *DEXA (1) 2022: 205-219*

**Sana Hamdi, Ahmed Hamdi, Sadok Ben Yahia:** BERT and Word Embedding for Interest Mining of Instagram Users. *ICCI (CCIS Volume) 2022: 123-136*

**Andmeteaduse töörühm panustab teadustegevuses olulisel määral projektidesse, mis pööravad tähelepanu jätkusuutlikule teadmuste tehnoloogiale – projektidesse, kus otsitakse tasakaalu teadmiste hankimise, seletatava lisandväärtusega teadmiste eraldamise ja proaktiivselt õigeaegsete otsuste tegemise vahel, nt:**

- **ühiskonna digitaalne transformeerimine, tervishoiu infosüsteemid: ebasoodsate juhtumite tuvastamine haiglates, patsientide ravitrajektooride kaeve;**
- **targad keskkonnad - asjade internet, nutikas transpordisüsteem, tark linn, tark kodu.**

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

2.7. Website address of the research group

<https://taltech.ee/tarkvarateaduse-instituut/uurimisruhmad#p14892>

<https://taltech.ee/en/department-of-software-science/research-groups#p21455>

3. The following additional information should be added:
- 3.1. [TalTech R&D priority areas](#)<sup>3</sup> (up to two) to which the research work of the research group is most related;  
**Usaldusväärsed IT lahendused / Dependable IT solutions**
- 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<sup>4</sup> and up to three sub-fields according to [CERCS classification](#)<sup>5</sup>.  
**Frascati: 1.2 Arvutiteadus ja informaatika / Computer and information sciences**  
**CERCS: P176 Artificial intelligence / Tehisintellekt**
- 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 2022.

**CLA2022:** <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.);
- NGI-Hyper-5G:** Hyper Performance Network Digital Twin for Holistic Management of 5G IoT Edge Network  
**BC4CEo-KA220-HED:** Blockchain for the Environment: Open Interdisciplinary Education on Generating Disruptive Change through Impactful DLT Applications  
**LEEEE21216:** Development of risk and condition based asset management principles  
**ENERGETIC:** NEXT GENERATION BATTERY MANAGEMENT SYSTEM BASED ON DATA RICH DIGITAL TWIN
- 3.5.2. where the results of ongoing projects/contracts (developed technology, innovative solutions, competencies) can be applied.

**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.**

**Andmeteaduse töörühm panustab teadustegevuses olulisel määral projektidesse, mis pööravad tähelepanu jätkusuutlikule teadmuste tehnoloogiale – projektidesse, kus otsitakse tasakaalu teadmiste hankimise, seletatava lisandväärtusega teadmiste eraldamise ja proaktiivselt õigeaegsete otsuste tegemise vahel.**

---

<sup>3</sup> <https://portal.taltech.ee/wiki/show/et:dokumendid:teadus-arendustoo:aak:main>

<sup>4</sup> <https://www.etis.ee/Portal/Classifiers/Index/27>

<sup>5</sup> <https://www.etis.ee/Portal/Classifiers/Index/26>

The TRANSCEND (daTa dRiven traffic light mAnagement Strategy for CO2 EmissioN reDuction) project develops a framework to build the next level of innovative data-driven traffic light strategies as the most impactful action to reduce CO2 emissions within the context of urban mobility. TRANSCEND consolidates the aegis of pioneering related EU funding schemes for mobility projects by providing an innovative, one-of-a-kind, and consistent mechanism to achieve utterly data-driven approaches. They are committed to embracing the next generation of Edge-AI, benefiting from the ease of implementation and increased computation power toward more composable, distributed, and federated intelligence, as well as security by design frameworks. TRANSCEND is equipped with powerful eye-bird-view multimodal data fusion approaches that will support accurate CO2 and urban noise level predictions, that feed to dashboards for awareness purposes. Advanced reinforcement learning techniques make use of urban noise predictions to implement the best traffic light strategy in real-time. TRANSCEND brings together well-known academic partners and city stakeholders from four countries in the Central Baltic Sea Region to conduct impactful and innovative actions to reduce CO2 emissions, urban noise, and fuel consumption.

TRANSCEND (Andmetega juhitud fooride haldamise strateegia CO2 heitkoguste vähendamiseks) projekt töötab välja raamistiku uuenduslike andmepõhiste valgusfooristrateegiate järgmise taseme loomiseks, mis on kõige mõjukam meede CO2 heitkoguste vähendamiseks linnalise liikumiskeskonna kontekstis. TRANSCEND koondab liikuvusprojektide jaoks teedrajavate ELi rahastamisskeemide egiidi, pakkudes uuenduslikku, ainulaadset ja järjepidevat mehhanismi täielikult andmepõhiste lähenemisviiside saavutamiseks. Nad on pühendunud serva-tehisintellekti järgmise põlvkonna omaksvõtmisele, saades kasu rakendamise lihtsusest ja suuremast arvutusvõimsusest komponeeritavama, rohkem hajutatud ja koondatavama intellekti ning turvalisuse suunas disainiraamistike kaudu. TRANSCEND on varustatud võimsate linnusilmavaate multimodaalsete andmete liitmismeetoditega, mis toetavad täpseid CO2- ja linnamüra taseme prognoose, mis edastatakse teadlikkuse tõstmise eesmärgil andmeülevaadetesse (Dashboards). Täiustatud stiimulõppe tehnikad kasutavad linnamüra ennustusi, et rakendada reaajas parimat fooristrateegiat. TRANSCEND toob kokku tuntud akadeemilised partnerid ja linna huvirühmad neljast Kesk-Läänemere piirkonna riigist, et viia läbi mõjusaid ja uuenduslikke tegevusi CO2 emissiooni, linnamüra ja kütusekulu vähendamiseks.

3.6. Three most important foreign and three most important Estonian cooperation partners (in the case of a university or other larger institution, please also indicate the level of the substructure - research group/institute, etc.).

**INSA Strasbourg**

**LIST-Luxembourg**

**INPEEK-Germany**

## Infosüsteemide töörühm / Information Systems Group

2. The research group's overview should consist of:

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

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

Täks, Ermo dotsent

2.3.1. postdoctoral fellows;

2.3.2. doctoral students;

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

Rozha Ahmed doktorant (industrial PhD)

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.

Infosüsteemide, E-valitsus, E-riigi tehnoloogiad, e-tervis, andmeteadus

information systems, e-government, e-governance technologies, e-health, data science

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.).

Eestil on rahvusvahelisel tasandil digiühiskonna tehnoloogiate liidri maine. Selle professuuri missiooniks on panustada TalTech-i liidri rolli saavutamisse ja hoidmisesse uue põlvkonna digiühiskonna IKT süsteemide arhitektuuris ja kujundamises, sealhulgas suuremahulistes IKT süsteemides, IKT süsteemide maastikul, IKT ökosüsteemides ja infovahetuse platvormides. Uurimisgrupp on keskendunud teadustööle „infosüsteemitehnoloogiate“ valdkonnas, mis võimaldab tuleviku infoühiskonda hajutatud andmetöötlust (sealhulgas pilvetehnoloogiad, tarkvara määratletud võrgud, asjade Internet, plokiahela tehnoloogia) ja uue põlvkonna andmetehnoloogiate (sealhulgas andmevahetus platvormid,

automatiseeritud masinõppe platvormid, äriteabe platvormid, kollektiivse intelligentsuse platvormid) teelahkmel.

Estonia has an international reputation as leader in digital society technologies. The mission of this professorship is to contribute to Taltech in further gaining and keeping a leading role in ICT system architecture and design of the next generation of digital society ICT including large-scale ICT systems, ICT system landscapes, ICT ecosystems, and information exchange platforms. The research group conducts research in 'information system technologies' that enable the future information society at the crossroads of distributed computing (including cloud technologies, software-defined networks, Internet of Things, blockchain technology) and next-generation data technologies (including data exchange platforms, automatic machine learning platforms, business intelligence platforms, collective intelligence platforms).

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

- Shweta Suran, Vishwajeet Pattanaik, Ralf H.J.M. Kurvers, Carina A. Hallin, Anna de Liddo, Robert Krimmer, Dirk Draheim. Building Global Societies on Collective Intelligence: Challenges and Opportunities. Digital Government: Research and Practice, vol. 3, no. 4, 2022.
- Shahbaz Siddiqui, Syed Attique Shah, Ijaz Ahmad, Adel Aneiba, Dirk Draheim, Schahram Dustdar. Toward Software-Defined Networking-Based IoT Frameworks: A Systematic Literature Review, Taxonomy, Open Challenges and Prospects. IEEE Access, vol. 10, pp. 70850-70901, 2022.
- Rahul Sharma, Minakshi Kaushik, Sijo Arakkal Peious, Alexandre Bazin, Syed Attique Shah, Iztok Fister, Sadok Ben Yahia, Dirk Draheim. A Novel Framework for Unification of Association Rule Mining, Online Analytical Processing and Statistical Reasoning. IEEE Access, vol. 10, 2022.
- Abhishek Dixit, Vipin Deval, Vimal Dwivedi, Alexander Norta, Dirk Draheim, Towards User-Centred and Legally Relevant Smart-Contract Development: A Systematic Literature Review. Journal of Industrial Information Integration, vol. 26, 2022, pp. 1-18.

## 2.7. Website address of the research group

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

## 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);

- Tulevikku vaatav riigivalitsemine
- Usaldusväärsed IT-lahendused
  
- Future Governance
- Dependable IT Solutions

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](#)<sup>6</sup> and up to three sub-fields according to [CERCS classification](#)<sup>7</sup>.

1.2 Arvutiteadus ja informaatika / Computer and information sciences

---

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

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

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

In 2022, the group was evaluated as part of the ministry's "Targeted Evaluation of Tallinn University of Technology Professorships in Fields of Natural Sciences and Engineering Technology" and achieved best possible results in all assessment categories:

[https://etag.ee/wp-content/uploads/2022/11/ETAG\\_Sihtevalveerimise\\_raport\\_LOPLIK.pdf](https://etag.ee/wp-content/uploads/2022/11/ETAG_Sihtevalveerimise_raport_LOPLIK.pdf)

(Please include the link in the previous line also into the report)

### 3.4. 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.);

- VERT21002: Project BLOCKWASTE: "Innovative training based on blockchain technology applied to waste management"
- EITSA18020: IT Academy research support measures programme for 2018-2022: Artificial Intelligence & Machine Learning; Data Science and Big Data; Robots-People collaboration and the Internet of Things in Industry processes.

#### 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

### 3.6. The three most important foreign and the three most important Estonian cooperation partners (in the case of a university or other larger institution, the substructure level should also be indicated - research group/institute, etc.).

- Mitsubishi UFJ Financial Group
- Delft University of Technology, Policy and Management Faculty, Information and Communication Technology Section
- University of Innsbruck, Distributed and Parallel Systems Group
  
- Elme Messer Gaas OÜ
- Estonian IT Systems Authority (Riigi Infosüsteemi Amet)
- Tartu University, Institute of Computer Science



## Recommended format to provide an overview of the activities of the research group

2. The research group's overview should consist of:

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

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

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

Pawel Sobocinski, professor, [pawel.sobocinski@taltech.ee](mailto: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

Chavanat, Clémence

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).

### **PLEASE NOTE that all members of the research group should:**

- have an updated CV in the [Estonian Research Information System \(ETIS\)](#), including the personalized ORCID<sup>8</sup> (Open Researcher and Contributor ID) and [CERCS classification](#) in the section "Fields of research" on the CV qualification page.

- link their Scopus profile to the personal ORCID-ID<sup>9</sup> (if they have a Scopus account).

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 software

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.).

---

<sup>8</sup> <https://orcid.org/signin>

<sup>9</sup> The guide is available on the intranet:

<https://confluence.ttu.ee/ti/teaduspublikatsioonide-autorite-identifitseerimiskoodide-registreeimine-27366227.html>

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.

The prestigious Kleene award (best student paper at A\* LiCS 2022 conference) awarded to Elena Di Lavore and Mario Román for the paper:

[Elena Di Lavore](#), [Giovanni de Felice](#), Mario Román: **Monoidal Streams for Dataflow Programming**. [LICS 2022](#): 51:1-51:14

Sobocinski published a paper in J ACM.

[Filippo Bonchi](#), [Fabio Gadducci](#), [Aleks Kissinger](#), Pawel Sobocinski, [Fabio Zanasi](#) : **String Diagram Rewrite Theory I: Rewriting with Frobenius Structure**. [J. ACM 69\(2\)](#): 14:1-14:58 (2022)

2.7. Website address of the research group

<https://compose.ioc.ee/>

3. The following additional information should be added:

3.1. [TalTech R&D priority areas](#)<sup>10</sup> (up to two) to which the research work of the research group is most related;

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<sup>11</sup> and up to three sub-fields according to [CERCS classification](#)<sup>12</sup>.

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

Kleene award for Di Lavore and Román.

---

<sup>10</sup> <https://portal.taltech.ee/wiki/show/et:dokumendid:teadus-arendustoo:aak:main>

<sup>11</sup> <https://www.etis.ee/Portal/Classifiers/Index/27>

<sup>12</sup> <https://www.etis.ee/Portal/Classifiers/Index/26>

Sobocinski chaired the Computer Science and Informatics Panel for National Science Centre [NCN](#), Poland, which is the main research council that distributes scientific funding in Poland.

3.7. Participation of the research group members in the activities of international R&D organizations, membership of foreign academies in 2022.

Sobocinski co-chaired FoSSaCS 2022. Sobocinski is on the programme committee of LiCS 2023.

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.);

Sobocinski gave a keynote presentation on Trustworthy AI at Taltech IT Innovation Festival on 15 June 2022.

Sobocinski gave a keynote presentation at Andmelaager 2022 (Data Camp 2022) for employees of the Estonian Ministry of Economic Affairs and Communication on 26 August 2022.

Sobocinski gave a presentation entitled "Trustworthy software - what is it and why is it important?" followed by a discussion session, targeted at industrial participants on 11 October 2022.

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

3.6. Three most important foreign and three most important Estonian cooperation partners (in the case of a university or other larger institution, please also indicate the level of the substructure - research group/institute, etc.).

University of Oxford, UK, Computer Science Department, research collaborations

University of Pisa, Italy, Informatics Department, research collaborations

Masaryk University, Czechia, Informatics Department, partner in Horizon Center of Excellence project CHES

Guardtime (Denis Firsov), collaboration on the Horizon Center of Excellence project CHES

Aive Pevkur, Faculty of Business, Taltech, preparation of Horizon Teaming project, workshop organization

## Uurimisrühma tutvustuse formaat TalTech T&A 2022. aasta ülevaate koostamiseks

### 1. Uurimisrühma tutvustus koosneb:

#### 1.1. uurimisrühma nimetus;

küberkriminalistika ja küberjulgeoleku keskus

Centre for Digital Forensics and Cyber Security

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

Olaf Maennel, täisprofessor tenuuris, [olaf.maennel@taltech.ee](mailto:olaf.maennel@taltech.ee) (01.10.2022 – 17.01.2023)

Rain Ottis, kaasprofessor tenuuris, [rain.ottis@taltech.ee](mailto:rain.ottis@taltech.ee), +372 620 2328 (kuni 30.09.2022, jätkab alates 18.01.2023)

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

Maennel, Olaf Manuel	täisprofessor tenuuris
Buldas, Ahto	täisprofessor tenuuris
Ottis, Rain	kaasprofessor tenuuris
Bahsi, Hayretdin	sihtrahastusega professor
Sütterlin, Stefan	kaasatud professor
Sorell, Matthew James	kaasatud professor
Venables, Adrian Nicholas	vanemteadur
Osula, Anna-Maria	vanemteadur
Vaarandi, Risto	vanemteadur
Lorenz, Birgy	vanemteadur
Maennel, Kaie	teadur
Mäses, Sten	teadur

##### 1.3.1. järeldoktorid;

##### 1.3.2. doktorandid;

Khalil, Shaymaa Mamdouh Mohammed Radwan	doktorant-nooremteadur
Tšikul, Pavel	doktorant-nooremteadur
Heering, Dan	doktorant-nooremteadur
Roberts, Andrew James	doktorant-nooremteadur
Hadi, Mirsadeghi Seyyed Mohammad	doktorant-nooremteadur
Orye, Erwin Rudi J.	tööstusdoktorant
Arik, Marko	tööstusdoktorant
Kullman, Kaur	tööstusdoktorant
Laks, Sille	tööstusdoktorant
Snetkov, Nikita	tööstusdoktorant
Visky, Gabor	tööstusdoktorant
Vakarjuk, Jelizaveta	tööstusdoktorant

1.3.3. 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.

Guerra Manzanares, Alejandro	küberturbe analüütik (kaitstes doktorikraadi 2022 septembris)
Lepik, Toomas	küberturbe analüütik
Sõmer, Tiia	analüütik

#### MEELDETULETUSEKS:

Kõigil uurimisrühma liikmetel:

- peab ETISes olema ajakohastatud CV, milles on kindlasti märgitud isiklik ORCID (*Open Researcher and Contributor ID*)<sup>13</sup> ja kvalifikatsiooni lehel olevas alajaotuses „Teadustöö põhisuunad“ enda TA-ga seotud eriala täpsustatud ka [CERCS klassifikaatori](#) lõikes;
- kelle publikatsioonid on kajastatud Scopuses, peab enda Scopuse profiil olema seotud isikliku ORCID-iD-ga<sup>14</sup>

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

Küberturvalisus, digitaalne ekspertiis, krüptograafia

Cyber security, digital forensics, cryptography

1.5. 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** projektid<sup>15</sup>, **PARIMAD** artiklid jm.).

TalTechi küberkriminalistika ja küberjulgeoleku keskus on multidistsiplinaarne ja mitmekülgne uurimisrühm. Me hõlmame võrguturbe, digitaalse ekspertiisi, küberoperatsioonide, krüptograafia, küberturbealase hariduse ja inimaspektide, küberjulgeoleku õiguslike aspektide ja merenduse küberjulgeoleku uurimisvaldkondi.

TalTech küberkriminalistika ja küberjulgeoleku keskuse eesmärk on Eesti küberjulgeoleku kompetentsi ja võimekuse tõstmine haridus-, teadus- ja arendustegevuse abil. Keskus on multidistsiplinaarne ja mitmekülgne uurimisrühm. Me hõlmame võrguturbe, digitaalse ekspertiisi, küberoperatsioonide, krüptograafia, küberturbealase hariduse ja inimaspektide, küberjulgeoleku õiguslike aspektide ja merenduse küberjulgeoleku uurimisvaldkondi.

TalTech Centre for Digital Forensics and Cyber Security is a multi-disciplinary and diverse research group. We cover research areas in network security, digital forensics, cyber operations, cryptography, cybersecurity education & human aspects, legal aspects of cyber security and maritime cybersecurity.

TalTech Centre for Digital Forensics and Cyber Security works towards enhancing the competence and ability of Estonian computer security field through education, research and development. The Centre is a multi-disciplinary and diverse research group. We cover research areas in network security, digital forensics, cyber operations, cryptography, cybersecurity education & human aspects, legal aspects of cyber security and maritime cybersecurity.

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

<sup>13</sup> <https://orcid.org/signin>.

<sup>14</sup> Selgitav materjal on kättesaadav siseveebis:

<https://confluence.ttu.ee/ti/teaduspublikatsioonide-autorite-identifitseerimiskoodide-registreerimine-27366227.html>

<sup>15</sup> Rõhuasetus peaks olema olulist teaduslikku väljundit andvatel projektidel

Olulisematest teadustulemustest võib välja tuua professor Buldase plokiahela teemalist uurimistööd koostöös ettevõttega Guardtime, millest on avaldatud kõrgetasemelisi publikatsioone.

1.7. Uurimisrühma veebilehe aadress

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

2. Uurimisrühma kohta lisatakse täiendava infona:

2.1. uurimisrühma seotus TalTech TA prioriteetse suunaga (kuni kaks olulisemat suunda. Vt:

<https://portal.taltech.ee/wiki/show/et:dokumendid:teadus-arendustoo:aak:main>);

usaldusväärsed IT lahendused

2.2. uurimisrühma tegevusega seotud teadusvaldkond – **kuni 2 alamvaldkonda** [Frascati Manuali klassifikaatori](#)<sup>16</sup> alusel ja **kuni 3 teaduseriala** [CERCS klasifikaatori](#)<sup>17</sup> alusel;

- 1.2 arvutiteadus ja informaatika

- 5.3 haridusteadused

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

- Birgy Lorenz - Eesti teaduse populariseerimise teine preemia teadust ja tehnoloogiat populariseerivate tegevuste kategoorias (ETAG)

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

- keskuse teadlased on mitmete erialaste ajakirjade ja konverentside programmkomiteede liikmed.

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

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

Professor Buldase uurimistöö on leidnud rakendust nii Eesti riigi kui ka ettevõtete lahendustes. Esile võib tuua näiteks Guardtime plokiahela põhiseid teenuseid ning SK ID Solutions poolt pakutatavat Smart-ID teenust.

Professor Ottise juhtimisel on viidud läbi mitmeid küberturbe kriisiõppuseid Eesti ettevõtetele ning asutustele.

Keskuse esindajad võtavad osa MKM riikliku küberturvalisuse poliitika nõukoja, Eesti Infoturbe Assotsiatsiooni (EISA) ning Eesti Infotehnoloogia ja Telekommunikatsiooni Liidu (ITL) infoturbe toimkonna tööst.

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

2.6. Kolm kõige olulisemat välis- ja kolm kõige olulisemat Eesti koostööpartnerit (ülikooli või muu suurema asutuse puhul tuleks näidata ka alamstruktuuri tase - uurimisrühm/instituut vm).

Välispartnerid

- Adelaide Ülikool, elektri ja elektroonika instituut (Austraalia)

- NTNU, infoturbe ja kommunikatsiooni instituut (Norra)

---

<sup>16</sup> <https://www.etis.ee/Portal/Classifiers/Index/27>

<sup>17</sup> <https://www.etis.ee/Portal/Classifiers/Index/26>

- Masaryki Ülikool, arvutiteaduse instituut (Tšehhi)

Kohalikud partnerid

- NATO CCDCOE
- Cybernetica
- Tartu Ülikooli arvutiteaduse instituut

---

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).

## Uurimisrühma aruanne

1. Uurimisrühma tutvustus (vt. punktid 2.1 – 2.6) koostatakse kahes keeles: **eesti- ja inglise keeles**.  
Tutvustuse **kogumahuks ühes keeles on maksimaalselt 2700 tähemärki koos tühikutega**.

2. Uurimisrühma tutvustus koosneb:

2.1. uurimisrühma nimetus;

Keeletehnoloogia laboratoorium / Laboratory of Language Technology

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

Tanel Alumäe, keeletehnoloogia kaasprofessor, tel 6204201, [tanel.alumae@taltech.ee](mailto:tanel.alumae@taltech.ee), 0000-0001-5083-1556

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

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

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

2.3.1. järel doktorid;

2.3.2. doktorandid;

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

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

2.3.3. mitteakadeemilised töötajad (kes panustavad akadeemiliselt)

Henry Härm

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

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

2.5. 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** projektid<sup>18</sup>, **PARIMAD** artiklid jm.).

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

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

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.

---

<sup>18</sup> Rõhuasetus peaks olema olulist teaduslikku väljundit andvatel projektidel



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.

#### Olulisemad artiklid:

- Kukk, Kunnar; Alumäe, Tanel (2022). Improving language identification of accented speech. Interspeech 2022 : Incheon, Korea, 18-22 September 2022. International Speech Communication Association, 1288–1292.
- Malmi, Anton; Lippus, Pärtel; Meister, Einar (2022). Spectral and temporal properties of Estonian palatalization. Journal of the International Phonetic Association.
- Valk, Jürgen; 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.

#### Olulisemad projektid:

- EKT B24 "Kõnetuvastus" (1.01.2018–30.06.2023); Vastutav täitja: Tanel Alumäe; Tallinna Tehnikaülikool; Finantseerija: Haridus- ja Teadusministeerium;
- EKT B56 "Eesti teksti sisukokkuvõtja" (1.01.2022–31.12.2024); Vastutav täitja: Tanel Alumäe; Tallinna Tehnikaülikool; Finantseerija: Haridus- ja Teadusministeerium;
- 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;

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

Labori meeskond osales koos Prantsusmaa keeletehnoloogiafirmaga Vocola USA riikliku agentuuri NIST korraldatud võistlusel *Language Recognition Evaluation 2022*, kus saavutati maailma parimate selle ala meeskondade konkurentsivõime väga hea tulemus (täpset kohta pingereas ei luba NIST enda reklaamimiseks kasutada).

The lab's team participated together with the French language technology company Vocola in NIST Language Recognition Evaluation 2022, where an excellent result was achieved in a competition among the world's best teams of this field.

## 2.7. Uurimisrühma veebilehe aadress

<https://taltech.ee/en/laboratory-language-technology>

## 3. Uurimisrühma kohta lisatakse täiendava infona:

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

- Dependable IT solutions
- Future governance

### 3.2. uurimisrühma tegevusega seotud teadusvaldkond – kuni kaks [alamvaldkonda Frascati Manuaali teadusvaldkondade ja -erialade klassifikaatori](#)<sup>19</sup> alusel ja kuni kolm [teaduseriala CERCS klasifikaatori](#)<sup>20</sup> alusel;

- Frascat
  - 1.2 Arvutiteadus ja informaatika
  - 6.2. Keeleteadus ja kirjandus
- CERCS
  - P176 Tehisintellekt
  - T121 Signaalitöötlus
  - H350 Keeleteadus

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

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

Tanel Alumäe on Põhjamaade Keeletehnoloogia Assotsiatsiooni (NEALT) juhatuse sekretär

### 3.5. Info uurimisrühma rakendusliku väljundiga teadus- ja arendustegevuse kohta:

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

- 2021. a valmis laboris välja töötatud reaajaliste automaatsete subtiitrite loomise süsteem Kiirkirjutaja. Süsteemi on kasutusele võtnud ETV ja Riigikogu (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.

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

Projekti „Kõnetuvastus” tulemusi rakendatakse aktiivselt nii avalikus kui ka erasektoris mitmesuguste kõnesalvestuste transkribeerimiseks. Labori poolt pakutav tasuta

---

<sup>19</sup> <https://www.etis.ee/Portal/Classifiers/Details/ac88df15-7410-4edb-807b-4766f6702074>

<sup>20</sup> [Common European Research Classification Scheme \(CERCS\) Teadusvaldkondade ja -erialade klassifikaator](#)

transkribeerimisteenus <https://tekstiks.ee> on aktiivses kasutuses, seda kasutavad näiteks ajakirjanikud, teadlased intervjuude transkribeerimiseks, samuti ksoolekute transkribeerimiseks.

---

Esitatud materjale kasutatakse:

- Ülikooli TA aastaaruande koostamiseks
- Uurimisrühmade atlase koostamiseks (vt varasemate aastate materjale siveebis: <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).

## Uurimisrühma tutvustuse formaat TalTech T&A 2022. aasta ülevaate koostamiseks

3. Uurimisrühma tutvustus (vt. punktid 2.1 – 2.7) koostatakse kahes keeles: **eesti- ja inglise keeles**.  
Tutvustuse **kogumahuks ühes keeles on maksimaalselt 2700 tähemärki koos tühikutega**.
4. Uurimisrühma tutvustus koosneb:
  - 4.1. uurimisrühma nimetus;  
Mittelineaarsete juhtimissüsteemide töörühm / Nonlinear control systems group
  - 4.2. uurimisrühma juhi nimi, ametikoht ja kontaktandmed (telefon, e-posti aadress);  
Juri Belikov, professor, Akadeemia tee 21/1, 12618 Tallinn, e-mail: juri.belikov@taltech.ee
  - 4.3. akadeemilisel ametikohal töötavate uurimisrühma liikmete loetelu (nimeliselt), sh eraldi:  
Arvo Kaldmäe, Vadim Kaparin, Ülle Kotta, Margarita Matson, Maris Tõnso
    - 4.3.1. järel doktorid;  
Meie instituudis: Ei ole  
Arvutisüsteemide instituut: Komeil Nosrati
    - 4.3.2. doktorandid;  
Meie instituudi doktorandid: Vjatšeslav Škiparev (co-supervised), Abiodun Emmanuel Onile (co-supervised)  
Kaasjuhendamisel teistes instituutides: Tuuli Uudeberg (co-supervised), Hossein Nourallahi Hokmabad (co-supervised)
    - 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.

### MEELDETULETUSEKS:

Kõigil uurimisrühma liikmetel:

- c) peab ETISes olema ajakohastatud CV, milles on kindlasti märgitud isiklik ORCID (*Open Researcher and Contributor ID*)<sup>21</sup> ja kvalifikatsiooni lehel olevas alajaotuses „Teadustöö põhisuunad“ enda TA-ga seotud eriala täpsustatud ka [CERCS klassifikaatori](#) lõikes;
- d) kelle publikatsioonid on kajastatud Scopuses, peab enda Scopuse profiil olema seotud isikliku ORCID-iD-ga<sup>22</sup>

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

Mittelineaarsed juhtimissüsteemid, energiasüsteemid, algebralised meetodid /  
Nonlinear control systems; power systems; algebraic methods

- 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** projektid<sup>23</sup>, **PARIMAD** artiklid jm.).

Töörühm on Eesti juhtiv uurimisüksus automaatjuhtimise valdkonnas, keskendudes mittelineaarsetele juhtimissüsteemidele sh mittesiledatele, hübriidsetele ja ajas hilistuvatele süsteemidele. Rühm on oluliselt panustanud konstruktiivsete algebraliste meetodite. Välja on arendatud universaalne algebraline meetodika, mis lihtsustab erinevate mittelineaarsete juhtimissüsteemidega seotud probleemide uurimist ühildatud vaatenurgast.

Kuigi me arendame valdavalt rakendustest sõltumatuid üldisi meetodeid, mille rakendatavus sõltub pigem matemaatiliste mudelite dünaamilistest omadustest, oleme hiljuti keskendunud mõnele hoolikalt valitud rakendusele. Nimelt, tegeleme autonoomsete allveerobotite ja ioonjuhitavate elektroaktiivsete polümeertäiturmehhanismide juhtimisega. Viimaste aastate jooksul on erilist tähelepanu pööratud energeetika valdkonnaga seotud praktilistele probleemidele, mis on modelleeritud mittelineaarsete juhtimissüsteemidena. Täpsemalt, me uurime taastuvenergiaallikate võrku integreerimise fundamentaalseid piire ning, kasutades meetodeid optimaaljuhtimisteooriast, madala inertsiiga

<sup>21</sup> <https://orcid.org/signin>.

<sup>22</sup> Selgitav materjal on kättesaadav siseveebis:

<https://confluence.ttu.ee/ti/teaduspublikatsioonide-autorite-identifitseerimiskoodide-registreerimine-27366227.html>

<sup>23</sup> Rõhuasetus peaks olema olulist teaduslikku väljundit andvatel projektidel

energiasüsteemides asuvate jaotatud energiasalvestusseadmete võimalikke kitsendusi. Lisaks sellele arendame ja edendame jätkuvalt infotehnoloogia laialdast levikut energiavaldkonnas.

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. A universal algebraic methodology has been developed that simplifies the study of very different problems for nonlinear control systems from unified perspective.

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. 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 related to the integration of renewable energy sources and determining the possible limitations of distributed energy storage devices in low inertia power systems utilizing methods from optimal control theory. In addition, we keep developing and promoting the wide spread of IT in the energy field.

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

- Meas, Molika; Machlev, Ram; Kose, Ahmet; Tepljakov, Aleksei; Loo, Lauri; Levron, Yoash; Petlenkov, Eduard; Belikov, Juri (2022). Explainability and transparency of classifiers for air-handling unit faults using explainable artificial intelligence (XAI). *Sensors*, 22 (17), 6338–29 pp. DOI: 10.3390/s22176338  
<https://taltech.ee/uudised/taltech-i-magistri-uurimistoost-haaras-kinni-tehnoloogiaettevõtte>  
<https://taltech.ee/uudised/riiklikul-uliopilastoode-konkursil-kuulusid-parimate-hulka-it-teaduskonna-tudengitood>
- Zargari, Noa; Ofir, Ron; Chowdhury, Nilanjan Roy; Belikov, Juri; Levron, Yoash (2022). An optimal control method for storage systems with ramp constraints, based on an on-going trimming process. *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, 1–4. DOI: 10.1109/TCST.2022.3169906  
<https://taltech.ee/uudised/taastuenergia-it-ja-pardijaht>
- Sarafrazi, Mohammad Amin; Kotta, Ülle; Bartosiewicz, Zbigniew (2022). On the stopping criteria in nonlinear unknown input observability condition. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 67 (9), 4733–4737. DOI: 10.1109/TAC.2022.3160133  
Tegemist on tulemusega, kus leidsime ühes IEEE TAC hiljuti ilmunud täispikas artiklis olulised vead - tingimused ei kehtinud üldjuhul nagu artiklis väideti ning olid ka äärmiselt raskesti testitavad. Pakkusime oma universaalselt kehtiva ja lihtsalt kontrollitava kriteeriumi.

Mõned kasulikud viited kust saab rohkem infot võtta:

<https://taltech.ee/uudised/juri-belikov-energeetika-soltub-uha-rohkem-itst>

<https://taltech.ee/uudised/it-teadlased-tehisintellekt-tooriist-mis-aitab-inimestel-jouda-ue-elukvaliteedini>

<https://taltech.ee/uudised/juri-belikov-milline-tehisintellekti-tegelik-potentsiaal-elektrisusteemide-rakendustes>

#### 4.7. Uurimisrühma veebilehe aadress

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

5. Uurimisrühma kohta lisatakse täiendava infona:

5.1. uurimisrühma seotus TalTech TA prioriteetse suunaga (kuni kaks olulisemat suunda. Vt: <https://portal.taltech.ee/wiki/show/et:dokumendid:teadus-arendustoo:aak:main>);

- Targad ja energiatõhusad keskkonnad\_Smart and energy efficient environments.
- Usaldusväärsed IT lahendused\_Dependable IT solutions.

5.2. uurimisrühma tegevusega seotud teadusvaldkond – **kuni 2 alamvaldkonda** [Frascati Manuali klassifikaatori](#)<sup>24</sup> alusel ja **kuni 3 teaduseriala** [CERCS klasifikaatori](#)<sup>25</sup> alusel;

1. Natural Sciences; 1.2. Computer and information sciences
2. Engineering and technology; 2.2 Electrical engineering, electronic engineering, information engineering

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

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

- 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

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

5.5.1. senised rakendused ettevõtluses, majanduses, ühiskonnas (kirjeldus ning viited projektidele, lepingutele, uudistele vm);

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"

5.5.2. käimasolevate projektide/lepingute tulemuste (väljatöötamisel olevad tooted/tehnoloogiad, uudsed 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.

5.6. Kolm kõige olulisemat välis- ja kolm kõige olulisemat Eesti koostööpartnerit (ülikooli või muu suurema asutuse puhul tuleks näidata ka alamstruktuuri tase - uurimisrühm/instituut vm).

Prof. Y. Levron, The Viterbi Faculty of Electrical Engineering, Technion, Israel

Prof. Z. Bartosiewicz, Faculty of Computer Science, Bialystok University of Technology, Poland

Prof. E. Petlenkov, School of IT, Tallinn University of Technology, Estonia

Leading researcher, D. Vinnikov, School of Engineering, Tallinn University of Technology, Estonia

Dr. A. Köse, R8Technologies, Estonia

---

<sup>24</sup> <https://www.etis.ee/Portal/Classifiers/Index/27>

<sup>25</sup> <https://www.etis.ee/Portal/Classifiers/Index/26>

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).

## Uurimisrühma tutvustus

6. Uurimisrühma tutvustus (vt. punktid 2.1 – 2.6) koostatakse kahes keeles: **eesti- ja inglise keeles**.  
Tutvustuse **kogumahuks ühes keeles on maksimaalselt 2700 tähemärki koos tühikutega**.

7. Uurimisrühma tutvustus koosneb:

7.1. uurimisrühma nimetus;

Äriinfotehnoloogia töörühm

Business Information Technology Group

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

Gunnar Piho, vanemlektor, [gunnar.piho@taltech.ee](mailto:gunnar.piho@taltech.ee), 0000-0003-4488-3389

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

Meeter, Martijn, professor, VUA professor, 0.1FTE

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

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

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

7.3.1. 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, õppeassistent

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

professional applications,

dependable, interoperable and evolutionarily changeable enterprise applications,

business software,

future professionals,

professional education

7.5. 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** projektid<sup>26</sup>, **PARIMAD** artiklid jm.).

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

---

<sup>26</sup> Rõhuasetus peaks olema olulist teaduslikku väljundit andvatel projektidel



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.

**Eessaar, E.** (2022). On the Design of Base Tables in the SQL Databases of Some Existing Software. In *Computer Science On-line Conference* (pp. 309-324). Springer, Cham.

**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](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](https://doi.org/10.1007/978-3-030-57672-1_14)

Jallouli, R., Bach Tobji, M. A., **Piho, G.**, & Mcheick, H. (2022). Guest editorial digital technologies and innovation. *Journal of Telecommunications and the Digital Economy*, 10(2), 1-5.

**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.

**Murtazin, K., Shvets, O., Meeter, M., & Piho, G.** (2022, May). Characteristics of Learning Outcomes for Integrating Work-Based Learning into the Business Information Technology Study Program. In *2022 45th Jubilee International Convention on Information, Communication and Electronic Technology (MIPRO)* (pp. 1307-1312). IEEE.

**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.

Bossenکو, I., Linna, K., **Piho, G.**, & Ross, P. (2022). Migration from HL7 CDA to FHIR in Infectious Disease System of Estonia. *Studies in Health Technology and Informatics*, 299, 275-278.

Kankainen, K., Klementi, T., **Piho, G.**, & Ross, P. (2022). Using SNOMED CT as a Semantic Model for Controlled Natural Language Guided Capture of Clinical Data, HEDA-2022: The International Health Data Workshop, June 19-24, 2022, Bergen, Norway, CEUR Workshop Proceedings (CEUR-WS.org).

Klementi, T., Kankainen, K. J. I., **Piho, G.**, & Ross, P. (2022). Prospective research topics towards preserving electronic health records in decentralised content-addressable storage networks. HEDA-2022: The International Health Data Workshop, June 19-24, 2022, Bergen, Norway, CEUR Workshop Proceedings (CEUR-WS.org).

Randmaa, R., Bossenko, I., Klementi, T., **Piho, G.**, & Ross, P. (2022). Evaluating business meta-models for semantic interoperability with FHIR Resources, HEDA-2022: The International Health Data Workshop, June 19-24, 2022, Bergen, Norway, CEUR Workshop Proceedings (CEUR-WS.org).

Bossenکو, I., Piho, G., & **Ross, P.** (2022). Forward and backward compatibility design techniques applying the HL7 FHIR standard, HEDA-2022: The International Health Data Workshop, June 19-24, 2022, Bergen, Norway, CEUR Workshop Proceedings (CEUR-WS.org).

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](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., Rüttemann 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](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.

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

Uurimisrühm jätkab heal tasemel õpetamist ja õpetamisega seotud uuringuid. Selles valdkonnas on aasta jooksul publitseeritud kolm artiklit. Uurimisrühma haridusinformaatika doktorandid edenevad jõudsalt personaalse tagasiside andmise tehnoloogia kavandamisega. Lisaks on uurimisrühmal koostöö tervisetehnoloogiate instituudiga veel viis doktoranti meditsiiniinformaatika valdkonnas. Ka seased doktorandid edenevad jõudsalt ja on käesoleval aastal publitseerinud kuus artiklit terviseandmete esmase (diagnoos ja ravi) ja teisese (teadus, kliinilised uuringud, rahva tervis, tervisepoliitika kujundamine, jms.) kasutamise uue tehnoloogia arendamise teemadel. 2022 aastal toimus haridus- ja meditsiiniinformaatika doktorantide ja teiste huviliste ühine seminar Tartus. Grupi liikmed on seotud ka EuroTeQ Engineering University (<https://taltech.ee/en/euroteq>) projektiga.

8. Uurimisrühma kohta lisatakse täiendava infona:

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

usaldusväärsed IT lahendused

8.2. uurimisrühma tegevusega seotud teadusvaldkond – kuni kaks [alamvaldkonda Frascati Manuali teadusvaldkondade ja -erialade klassifikaatori](#)<sup>27</sup> alusel ja kuni kolm [teaduseriala CERCS klasifikaatori](#)<sup>28</sup> alusel;

1.2 arvutiteadus ja informaatika

5.3 haridusteadused

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

Neid praegu ei ole

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

Gunnar Piho: The International Health Data Workshop (<https://cs.ttu.ee/events/heda-2022/>), korraldus- ja programmitoimikond; ACM SAC2023 ([Intelligent Systems for Digital Era \(ISDE\) track @ ACM SAC 2023 | March 27 - 31, 2023, Tallinn, ESTONIA \(ttu.ee\)](#)) – the poster session chair; Guest editorial digital technologies and innovation. Journal of Telecommunications and the Digital Economy

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

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

Peamine on äriinfotehnoloogia bakalaureuse õppekava meeskonnaprojektide aine raames tehtavate ettevõtete projektidega. Projektitaotlus koostöös Eesti Energia, Eindhoveni tehnikaülikooli ja teiste partneritega meeskonnaprojektide viimiseks rahvusvahelisele tasandile.

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

Neid praegu ei ole

---

Esitatud materjale kasutatakse:

- Ülikooli TA aastaaruande koostamiseks

---

<sup>27</sup> <https://www.etis.ee/Portal/Classifiers/Details/ac88df15-7410-4edb-807b-4766f6702074>

<sup>28</sup> [Common European Research Classification Scheme \(CERCS\) Teadusvaldkondade ja -erialade klassifikaator](#)

- 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).

## Uurimisrühma tutvustuse formaat TalTech T&A 2022. aasta ülevaate koostamiseks

9. Uurimisrühma tutvustus (vt. punktid 2.1 – 2.7) koostatakse kahes keeles: eesti- ja inglise keeles. Tutvustuse kogumahuks ühes keeles on maksimaalselt 2700 tähemärki koos tühikutega.

10. Uurimisrühma tutvustus koosneb:

10.1. uurimisrühma nimetus;

*Digiriigi tehnoloogiad ja arhitektuur*

*NextGen Digistate Technologies and Architecture*

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

*Ingrid Pappel*

- *Kaasprofessor - Infotehnoloogia teaduskond: Tarkvarateaduse instituut: Digiriigi tehnoloogiad ja arhitektuur*

*(Associate Professor - School of Information Technologies: Department of Software Science: Next Gen Digital State Research Group)*

- *Programmijuht (e-riigi tehnoloogiad ja teenused) - Infotehnoloogia teaduskond: Infotehnoloogia teaduskonna dekanat*

*(Programme Director (E-Governance Technologies and Services) - School of Information Technologies: Dean's Office at School of Information Technologies)*

- *Magistriõppe prodekaan - Infotehnoloogia teaduskond: Tarkvarateaduse instituut: Digiriigi tehnoloogiad ja arhitektuur*

*(Vice-Dean of Master's Studies - School of Information Technologies: Department of Software Science: Next Gen Digital State Research Group)*

+372 5093095

[ingrid.pappel@taltech.ee](mailto:ingrid.pappel@taltech.ee)

ETIS: [https://www.etis.ee/CV/Ingrid\\_Pappel/est](https://www.etis.ee/CV/Ingrid_Pappel/est)

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

10.3.1. järel doktorid;

10.3.2. doktorandid;

*Jackson, Eric Blake*

*doktorant-nooremteadur (Early Stage Researcher)*

*Dreyling III, Richard Michael*

*doktorant-nooremteadur (Early Stage Researcher)*

*Alena Labanova*

*doktorant-nooremteadur (Early Stage Researcher)*

*Gelashvili, Teona*

*doktorant-nooremteadur (akadeemilisel puhkusel) (Early Stage Researcher- on academic leave)*

10.3.3. 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.

*Pirjo-Andra Põõsaste*

*projekti assistent (Project Assistant)*

*Merilin Liutkevicius*

*projekti assistent (Project Assistant)*

*Josephine Adhiambo Lusi*

*projekti assistent (Project Assistant)*

### MEELDETULETUSEKS:

Kõigil uurimisrühma liikmetel:

- e) peab ETISes olema ajakohastatud CV, milles on kindlasti märgitud isiklik ORCID (*Open Researcher and Contributor ID*)<sup>29</sup> ja kvalifikatsiooni lehel olevas alajaotuses „Teadustöö põhisuunad“ enda TA-ga seotud eriala täpsustatud ka [CERCS klassifikaatori](#) lõikes;

<sup>29</sup> <https://orcid.org/signin>.

f) kelle publikatsioonid on kajastatud Scopuses, peab enda Scopuse profiil olema seotud isikliku ORCID-iD-ga<sup>30</sup>

10.4. Uurimisrühma tegevust iseloomustavad võtmesõnad (keywords), minimaalselt kolm.  
*Avaliku sektori digitaalne transformatsioon (public sector digital transformation),  
avalike teenuste arendus (development of public sector digital services),  
andmevahetusplatvormid ja automatiseerimine (automation and data exchange platforms)*

10.5. 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** projektid<sup>31</sup>, **PARIMAD** artiklid jm.).

**(EST)** *Next Gen Digital State uurimisrühm 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, ministriumide ja osakondadega järgmise põlvkonna riigi tehnoloogia arendamisel. Tegeleme tiptasemel uurimisteemadega, mis keskenduvad tehisintellekti arhitektuurile, nõuete väljatöötamisele, andmeanalüütikale ja tehnoloogia rakendamise sotsiaalmajanduslike mõjude mõistmisele ning rakendamisele. Meie visioon on positiivselt mõjutada ja kujundada järgmise põlvkonna globaalse digitaalse valitsemise ökosüsteeme. Pakume tiptasemel interdistsiplinaarset praktilist ja teoreetilist uurimistööd, mis võimaldab digi-riigi lahenduste ja poliitika edukat rakendamist.*

**(ENG)** *The Next Gen Digital State (NGDS) research group addresses the technological complexities of how governments can satisfy their citizens' current and future needs. 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. Our vision is to positively impact and transform the next generation of global digital-governance ecosystems. We offer top-level interdisciplinary practical and theoretical research that enables the successful implementation of digital government solutions and policies.*

**OLULISEMAD PROJEKTID (Most important projects):**

#### 1. AI4GOV

**(EST)** „Avalike teenuste tehisintellekti magistriprogramm (AI4Gov)“ eesmärk on kavandada ja pakkuda magistriprogrammi, mis hõlmab: 1.) tehisintellektil põhinevate avalike teenuste haldamist, 2.) tehisintellekti kasutamist avaliku halduse töös. ja 3.) tehisintellekti juhtimine avalikus sektoris ja avalike teenuste osutamine ühiskonnas. **(ENG)** The “Master program on AI for public services (AI4Gov)” Action aims for the design and delivery of a master’s programme to cover: 1.) the management of AI-based public services, 2.) the usage of AI in public administration’s operation, and 3.) the governance of AI for the public sector and public services delivery in society. <https://oeq-upm.github.io/ai4gov-website/>

#### 2. Upgrade2Europe

**(EST)** Projekti kaasrahastab Erasmus+ programm Key Action 2 Innovatsiooni ja heade praktikate vahetamise koostöö ning see viiakse ellu ajavahemikus 01.10.2021-31.05.2023. Projekti eesmärk on pakkuda haridustöötajatele, väikestele ning keskmise suurusega ettevõtjatele vajalikke materjale, et töötada välja ja rakendada oma Euroopa-siseseid strateegiaid, tõhustades seeläbi nende tegevust Euroopas üle riigipiiride.

<sup>30</sup> Selgitav materjal on kättesaadav siveveebis:

<https://confluence.ttu.ee/ti/teaduspublikatsioonide-autorite-identifitseerimiskoodide-registreerimine-27366227.html>

<sup>31</sup> Rõhuasetus peaks olema olulist teaduslikku väljundit andvatel projektidel

**(ENG)** The project is co-funded by the Erasmus+ Programme, Key Action 2 Cooperation for innovation and exchange of good practices and it is being implemented between 01.10.2021 and 31.05.2023. The project intends to provide educational actors, SMEs and SMOs with the necessary materials to develop and implement their own Europeanisation strategies, thus intensifying their activities in Europe across national borders. <https://eqov.ee/projects/upgrade2europe/>

### 3. OSIRIS

**(EST)** Nutika spetsialiseerumise lähenemisviisi toetamine hõbemajanduses piirkondliku innovatsioonivõimekuse ja jätkusuutliku majanduskasvu suurendamiseks. Projekt suurendas Läänemere piirkonna hõbedase majanduse kasvuvõimalusi, parandades innovatsioonis osalejate suutlikkust rakendada nutika spetsialiseerumise lähenemisviise piirkonna vananeva ühiskonna väljakutsega toimetulemiseks. TalTechi roll oli kujundada ja arendada virtuaalset platvormi SilverHub, et toetada rahvusvahelist ühisloomet QH esindajate vahel kuues piirkonnas. **(ENG)** Supporting Smart Specialization Approach in Silver Economy for Increasing Regional Innovation Capacity and Sustainable Growth. The project enhanced silver economy growth opportunities in the BSR by improving the capacity of innovation actors to apply smart specialization approaches for tackling the challenge of the region's ageing society. TalTech role was designing & developing a Virtual platform called SilverHub to support international co-creation between QH representatives in six regions.

#### PARIMAD ARTIKLID (Best Articles):

- Weck, Marina; Gelashvili, Teona; Pappel, Ingrid; Ferreira, Fernando (2022). Supporting collaboration and knowledge sharing in building SLEs for ageing well: Using cognitive mapping in KMS design. *Knowledge Management Research & Practice*, 22 (6), 865-877. DOI: 10.1080/14778238.2022.2144513
- Weck, Marina; Jackson, Eric Blake; Sihvonen, Markus; Pappel, Ingrid (2022). Building smart living environments for ageing societies: Decision support for cross-border e-services between Estonia and Finland. *Technology in Society*, 71 (November 2022), 102066–13 pp. DOI: 10.1016/j.techsoc.2022.102066.
- 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**

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

#### **(EST)**

- Viisime läbi 2-päevase ürituse (10-11.veeb.2022) Next Generation Government Symposium (NGGS), koostöös Tallinna ja Tartu ülikooliga, et doktorantidele ja magistrantidele oleks võimalus presenteerida oma uurimiseid üldsusele ning saada asjakohast tagasisidet. Külalisi oli sümposiumil kokku kahe päeva jooksul 236 inimest, seda nii akadeemiast, era- kui avalikust sektorist ning üritusel tuli etteandmisele 49 teadustööd.
- Alustasime koostööd GovStack initsiatiiviga, mille alusel publitseerime aastal 2023 neli uut teadusartiklit, mille lühikokkuvõtted on juba aktsepteeritud GovStack 2023 aasta konverentsile. GovStack initsiatiivil on plaan saada meil ITU (International Telecommunications Union) Akadeemia ametlikuks treeningpartneriks e-riigiga seotud koolituste läbiviimisel. Eelkõige toetamaks digiriigi komponente erinevates sihtriikides.
- Uurimisrühma juht Ingrid Pappel osutus 2023. aasta Stanfordi teaduslähetus konkursi võitjaks. Teaduslähetus „The Global Digital Governance Fellowship“ võimaldab kasutada Stanfordi Ülikooli akadeemilisi teadmisi, kogukonda ning võrgustikke, mis seonduvad IKT, digitaalse ühiskonna, majanduse, küberuuringute ja -turvalisuse, aruka valitsemise ning tehnoloogia teemadega.

- Alustasime Digiriigi ABC kursuset implementeerimisega, aitamaks tõsta digiriigiga seotud kompetentsi nii avaliku sektori ametnike kui kogukonna seas. Alates 2022. aasta lõpust kuni 2023. aastani tegeleme kursuste edasiarendamisega, et muuta digiriigi kompetentsi omandamist efektiivsemaks.
- Rahvusvahelise AI4Gov projekti üheks tulemiks oli publikatsioon „Capacity Building in Government: Towards Developing a Standard for a Functional Specialist in AI for Public Services“. See raamistik on aluseks, et kujundada välja rahvusvaheline standard mõistmaks milliseid oskusi on vaja avaliku sektori ametnikel, tehisintellektiga seotud teenuste loomiseks.
- OSIRISE projekti raames avaldati 2022 aastal 4 publikatsiooni hõbemajanduse teemal ning lisandumas on 2023 aastal veel kaks olulist publikatsiooni antud teemal.
- Ukraina projekti edukas lõpetamine ning delegatsiooni võõrustamine Tallinnas, hoolimata konfliktsest olukorrast Ukrainas. Projekti eesmärk Ukraina (Borys Grinchenko Kiievi) ülikooli nõustamine e-valitsuse magistriprogrammi arendamise ja e-valitsemise alase teadlikkuse tõstmise, IKT lahenduste rakendamise kaudu reformide toetamiseks Ukrainas.
- Rahvusvahelisel AHFE 2022 konverentsil osalemine New Yorkis, kus tuli ettekandmisele meie uurimisrühmalt kaks ettekannet teadustööst. Konverents võimaldas ka leida uusi tutvusi ning tutvustada Eesti ja TTÜ tegemisi USA turule.
- Toimus kolme uurimisrühma võrgustikukohtumine Itaalias Salerno ülikoolis, kus oli võimalus tutvustada uurimisrühma teadustöid, kuulata Itaalia viimaseid arenguid ning viia läbi praktiline töötuba projekti kirjutamise ja taotlemise teemal. Muuhulgas, sai jagatud infot tulevate taotlusvoorude teemal ning leida ühiseid teemasid kuhu uurimisrühmad taotlusi saaksid esitada ning sel talvel sai Horizon Euroopa vooru 2 koostöös valminud taotlust esitatud.

#### **(ENG)**

- We conducted the 2-day event (10-11.veeb.2022) Next generation Government Symposium (NGGS), in cooperation with Tallinn and Tartu University, so that PhD students and Masters can present their research ideas to the general public and receive relevant feedback. There were a total of 236 guests at the symposium over two days, from the academy, private and public sectors, and 49 research papers were presented at the event.
- We started working with GovStack, on the basis of which we will publish four new scientific articles in 2023. Publication abstracts have already been accepted for the GovStack 2023 conference. The GovStack initiative has a plan to become the official training partner of ITU Academy for conducting e-government training. To support the escalation of digital state components in interested countries.
- The leader of the research group, Ingrid Pappel, was the winner of the 2023 Stanford research mission competition. The research mission "The Global Digital Governance Fellowship" allows using Stanford University's academic resources as well as meet various communities and networks related to ICT, digital society, economy, cyber research and security, smart governance and technology. This is definitely bringing new practical and best practices to be scaled up in TalTech for more competitive RD&I activities.
- We started with the implementation of "Digiriigi ABC" courses to help increase competence related to the digital state. From the end of 2022 to 2023, we will be engaged in the further development of the courses to improve and make the acquisition of digital skills more efficient.
- One of the results of the international AI4Gov project was the publication "Capacity Building in Government: Towards Developing a Standard for a Functional Specialist in AI for Public Services". This framework is the basis for developing an international standard to understand what skills are needed by public sector officials to create services related to artificial intelligence.
- As part of the OSIRIS project, 4 publications on the silver economy were published in 2022 and two other important publications on this topic will be added in 2023.
- Successful completion of the Ukrainian project and hosting of the delegation in Tallinn, despite the conflict situation in Ukraine. The purpose of the project is to advise the Borys Grinchenko Kyiv University on the development of an e-Government master's program. Moreover, to raise awareness of e-Government, through the implementation of ICT solutions to support digital transformation and positive reforms in Ukraine.

- Participation in the international AHFE 2022 conference in New York, where two research presentations from our research group were presented. The conference also provided greater networking for the US market.
- A network meeting of three research groups took place with the University of Salerno in Italy, where we had the opportunity to present the research works of our research group as well as hear what new developments are undergoing in Italy. To complement the visit, a practical workshop was conducted on the topic of "Project writing and application" which introduced EU funding opportunities to take research to the next level. This winter, 2 research proposals were submitted to Horizon Europe call which were written in collaboration between these research groups.

#### 10.7. Uurimisrühma veebilehe aadress

Kodulehekülg (Homepage): <https://eqov.ee/>

#### 11. Uurimisrühma kohta lisatakse täiendava infona:

11.1. uurimisrühma seotus TalTech TA prioriteetse suunaga (kuni kaks olulisemat suunda. Vt: <https://portal.taltech.ee/wiki/show/et:dokumendid:teadus-arendustoo:aak:main>);

TalTechi TA prioriteetsed suunad/ TalTech's R&D priority areas:

- Usaldusväärsed IT lahendused / Dependable IT solutions.
- Innovaatilised ettevõtted ja tulevikku vaatav riigivalitsemine / Innovative businesses and future governance.

11.2. uurimisrühma tegevusega seotud teadusvaldkond – **kuni 2 alamvaldkonda** [Frascati Manuaali klassifikaatori](#)<sup>32</sup> alusel ja **kuni 3 teaduseriala** [CERCS klasifikaatori](#)<sup>33</sup> alusel;

Frascati Manuaali klassifikaatori alamvaldkond:

- 2.11 Teised tehnika- ja tehnoloogiateadused /Other engineering and technologies (2. Tehnika ja tehnoloogia)

CERCS klassifikaator teaduseriala:

- P170 Arvutiteadus, arvutusmeetodid, süsteemid, juhtimine (automaatjuhtimisteooria) / Computer science, numerical analysis, systems, Control (3. REAALTEADUSED)
- P176 Tehisintellekt/ Artificial intelligence (3. REAALTEADUSED)

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

- Ingrid Pappel - Standfordi teaduslähete konkursi võitja 2023
- Parim teadusartikli nominatsioon ICEGOV konverentsi publikatsiooniga „Bringing innovation towards efficient policy-making in ICT-enabled service provision for senior citizens“ (<https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/4c47ebab-3bde-4ac3-a6f7-c43b1d82348d>)

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

- Uurimisrühma liikmed käisid Keenias, Strathmore Business Schooli-s nõustamas e-riigi alase magistriõppekava arendamist ning edendamas e-valitsemise teadlikkuse tõstmist IKT lahenduste kasutamisel.

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

11.5.1. senised rakendused ettevõtluses, majanduses, ühiskonnas (kirjeldus ning viited projektidele, lepingutele, uudistele vm);

<sup>32</sup> <https://www.etis.ee/Portal/Classifiers/Index/27>

<sup>33</sup> <https://www.etis.ee/Portal/Classifiers/Index/26>



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

- *AI4Gov projekt: TalTech töopakettiks on välja töötada 2023 aastaks universaalne kompetentside standard, mis määratleb ära funktsionaalse spetsialisti tingimused, kelle kompetents on vastav tehisintellekti rakendamiseks avalikes teenustes. Mitmekülgne spetsialist ei mõista üksnes tehisintellekti tehnoloogiate aluseid ja tehnika taset, vaid ka AI tehnoloogiaid kasutavate avalike teenuste arendamise ja pakkumise kogu tsükli, sealhulgas projekteerimine, arendus, tarnimine ja hindamine.*
- *Digiriigi Akadeemia kursuste edasiarendused annavad parema võimaluse juurutada digiriigi alaseid teadmisi suuremale üldsusele ning suurendades seeläbi vajaminevat kompetentsi.*

11.6. Kolm kõige olulisemat välis- ja kolm kõige olulisemat Eesti koostööpartnerit (ülikooli või muu suurema asutuse puhul tuleks näidata ka alamstruktuuri tase - uurimisrühm/instituut vm).

Välised koostööpartnerid:

- GovStack (<https://www.govstack.global/about/>)
- ITU (<https://academy.itu.int/>)
- UPM (<https://www.upm.es/internacional>)
- Polimi (<https://www.polimi.it/en>)

Eesti koostööpartnerid:

- MKM (<https://mkm.ee/>)
- ITL klaster (<https://itl.ee/eesti-ikt-klaster/>)
- eGa (<https://ega.ee/>)
- ESTDEV (<https://estdev.ee/>)

---

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).

## Uurimisrühma tutvustuse formaat TalTech T&A 2022. aasta ülevaate koostamiseks

12. Uurimisrühma tutvustus (vt. punktid 2.1 – 2.7) koostatakse kahes keeles: eesti- ja inglise keeles.

Tutvustuse kogumahuks ühes keeles on maksimaalselt 2700 tähemärki koos tühikutega.

13. Uurimisrühma tutvustus koosneb:

13.1. uurimisrühma nimetus;

Proaktiivtehnoloogiate laboratoorium / Laboratory of proactive technologies

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

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

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

13.3.1. järeldoktorid;

13.3.2. doktorandid;

13.3.3. 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.

Akadeemilised: Sergei Astapov, Taivo Kangilaski, Jaanus Kaugerand, Kalev Rannat, Andri Riid, Raul Savimaa, Andres Udal

Doktorandid: Johannes Ehala, Rene Pihlak, (Lizaveta Miasayedeva, Konstantin Bilozor)

Mitteakadeemilised: Merik Meriste

### MEELDETULETUSEKS:

Kõigil uurimisrühma liikmetel:

g) peab ETISes olema ajakohastatud CV, milles on kindlasti märgitud isiklik ORCID (*Open Researcher and Contributor ID*)<sup>34</sup> ja kvalifikatsiooni lehel olevas alajaotuses „Teadustöö põhisuunad“ enda TA-ga seotud eriala täpsustatud ka CERCS klassifikaatori lõikes;

h) kelle publikatsioonid on kajastatud Scopuses, peab enda Scopuse profiil olema seotud isikliku ORCID-iD-ga<sup>35</sup>

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

küberfüüsikalised-süsteemid, spontaansed sensorvõrgud, uduarvutus, deep learning, riigiülese tervikliku olukorratedadlikkuse võimekus, olukorratedadlikkuse ja mentaalsete mudelite modelleerimine

13.5. 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** projektid<sup>36</sup>, **PARIMAD** artiklid jm.).

Proaktiivtehnoloogiate uurimislabori põhitegevuseks on võrgustatud küber-füüsikaliste-süsteemide õpetamine üliõpilastele ning teoreetiliste ja praktiliste probleemide uurimine/lahendamine – näiteks arendatakse küberfüüsikaliste süsteemide magistrkursust, lepingute toetusel ehitatakse ja rakendatakse spontaansed sensorvõrke, teoreetiliselt uuritakse uduarvutust ja selleks kasutatavat proaktiivset vahevara (ProWare) ja osaletakse tervikliku olukorratedadlikkuse 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.

--

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

<sup>34</sup> <https://orcid.org/signin>.

<sup>35</sup> Selgitav materjal on kättesaadav siseveebis:

<https://confluence.ttu.ee/ti/teaduspublikatsioonide-autorite-identifitseerimiskoodide-registreerimine-27366227.html>

<sup>36</sup> Rõhuasetus peaks olema olulist teaduslikku väljundit andvatel projektidel

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.

#### Olulisemad artiklid:

Lõuk, R., Riid, A., Pihlak, R. and Tepljakov, A., 2020. Pavement defect segmentation in orthoframes with a pipeline of three convolutional neural networks. *Algorithms*, 13(8), p.198.

Mõtus, L., Teichmann, M., Meriste, M., Rannat, K., Priisalu, J. and Kaugerand, J., Süsteemide süsteemi olukorra hindamisest selle komponentide võimemudelite abil. 2020, *Sõjateadlane (Estonian Journal of Military Studies)*, ISSN 2461-4378; 2461-4386.

Leier, M., Riid, A., Alumäe, T., Reinsalu, U., Pihlak, R., Udal, A., Heinsar, R. and Vaikula, S., 2021, May. Smart Elevator with Unsupervised Learning for Visitor Profiling and Personalised Destination Prediction. In *2021 IEEE Conference on Cognitive and Computational Aspects of Situation Management (CogSIMA)* (pp. 9-16). IEEE.

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.

Motus, L., Teichmann, M., Kangilaski, T., Priisalu, J. and Kaugerand, J., 2019, October. Some issues in modelling comprehensive situation awareness. In *2019 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics (SMC)* (pp. 540-545). IEEE.

#### Olulisemad projektid:

Targa linna tippkeskus, 01.01.2020–31.08.2023, Rahastaja: Haridus- ja Teadusministeerium, 8 573 493 EUR, Vastutav täitja: Ralf-Martin Soe.

Intelligentsed Targa Linna ja Kriitilise Infrastruktuuri Toimepidevuse Tehnoloogiad II, 01.10.2020–01.06.2022, Rahastaja: SA Archimedes, Thinnect OÜ, 515 000 EUR, Vastutav täitja: Jaanus Kaugerand.

Manticus Apollo, 01.09.2018–30.11.2020, Rahastaja: Sihtasutus Eesti Teadusagentuur, 583 105 EUR, Vastutav täitja: Leo Mõtus.

Mehitamata objektikaitse eeluuring, 01.11.2021–30.06.2022, Rahastaja: Eesti Kaitsevägi, 50 000 EUR, Vastutav täitja: Jaanus Kaugerand.

Kuluefektiivse ühildatava geodeetilise täpsusega 3D ruumiandmete taristu loomise rakendusuuring, Rahastaja: SA Archimedes; Reach-U AS, 1 916 000 EUR, Vastutav täitja: Andri Riid.

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

Lõppenud aasta väljapaistvad teadustulemused on rakenduslikud ja loetletud allpool punktis 3.5.

13.7. Uurimisrühma veebilehe aadress

<https://taltech.ee/en/laboratory-of-proactive-technologies>

14. Uurimisrühma kohta lisatakse täiendava infona:

14.1. uurimisrühma seotus TalTech TA prioriteetse suunaga (kuni kaks olulisemat suunda. Vt: <https://portal.taltech.ee/wiki/show/et:dokumendid:teadus-arendustoo:aak:main>);

Targad ja energiatõhusad keskkonnad / Smart and energy efficient environments

(Tulevikku vaatav riigivalitsemine /Future governance)

14.2. uurimISRühma tegevusega seotud teadusvaldkond – **kuni 2 alamvaldkonda** Frascati Manuaali klassifikaatori<sup>37</sup> alusel ja **kuni 3 teaduseriala** CERCS klasifikaatori<sup>38</sup> alusel;

Teadusvaldkonnad: Arvutiteadus ja informaatika;

Teaduserialad: P170 Arvutiteadus, arvutusmeetodid, süsteemid, juhtimine (automaatjuhtimisteooria); P176 Tehisintellekt;

14.3. uurimISRühma liikmete rahvusvahelisel ja riiklikul tasemel olulised tunnustused lõppenud aastal;

14.4. uurimISRühma liikmete osalus oluliste TA&I-ga seotud välisorganisatsioonide töös lõppenud aastal;

Jaanus Kaugerand – NATO Teadus- ja tehnoloogiaorganisatsioon, Eesti esindaja Süsteemide, Integratsiooni ja Kontseptsioonide paneelis (NATO STO-SCI Panel).

14.5. Info uurimISRühma rakendusliku väljundiga teadus- ja arendustegevuse kohta:

14.5.1. senised rakendused ettevõtluses, majanduses, ühiskonnas (kirjeldus ning viited projektidele, lepingutele, uudistele vm);

Projektis „Mehitamata objektikaitse eeluuring“, tegime Kaitseministeeriumile põhjaliku analüüsi Kaitseväe objektide kaitse parandamisvõimalustest. Samuti töötasime välja objektikaitse hinnastamise mudeli, mida saab kasutada objektikaitse eelarvestamise tööriistana.

Projektis „Intelligentsed Targa Linna ja Kriitilise Infrastruktuuri Toimepidevuse Tehnoloogiad II“ töötasime välja Konvolutsioonilise närvivõrgu põhised klassifitseerija mudelid mida on võimalik rakendada väga madala energiatarbega mikrokontrolleritel.

Projekti „Targa linna tippkeskus“ alamprojektis „DigiAudit“ oleme välja töötamas reaalaja energiatõhususe klassi hindamise platvormi.

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

Kaitseväge kasutab projektis „Mehitamata objektikaitse eeluuring“ loodud analüüsi tulemusi oma haldusalas olevate objektide kaitse parandamiseks.

Projektis „Intelligentsed Targa Linna ja Kriitilise Infrastruktuuri Toimepidevuse Tehnoloogiad II“ välja töötatud tehisintellekti lahendusi on võimalik kasutada väga energiatõhusates rakendustes erinevates tarkades (tehis) keskkondades.

14.6. Kolm kõige olulisemat välis- ja kolm kõige olulisemat Eesti koostööpartnerit (ülikooli või muu suurema asutuse puhul tuleks näidata ka alamstruktuuri tase - uurimISRühm/instituut vm).

Välispartnerid: NTNU, Department of Civil and Environmental Engineering;

Eesti koostööpartnerid: Thinnect OÜ; Birkle IT Estonia OÜ; Kaitseministeerium;

-----  
Esitatud materjale kasutatakse:

- Ülikooli TA aastaaruande koostamiseks
- UurimISRühmade atlase koostamiseks (vt varasemate aastate materjale siseveebis:

<sup>37</sup> <https://www.etis.ee/Portal/Classifiers/Index/27>

<sup>38</sup> <https://www.etis.ee/Portal/Classifiers/Index/26>

<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).

## Uurimisrühma aastaaruanne

### 2 Uurimisrühma tutvustus koosneb:

#### 2.1 uurimisrühma nimetus;

Tugevalt tagatud tarkvara laboratoorium / High-assurance software laboratory

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

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

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

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

Maksym Bortin, teadur (kuni 31.10.2022), 0000-0003-4749-4987

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

Juhan-Peep Ernits, dotsent (kuni 31.8.2022, edasi mitteakad. kohale), 0000-0002-4591-0425

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

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

Gert Kanter, lektor, al. 1.6.2022 vanemlektor, 0000-0002-8201-8540

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

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

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

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

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

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

#### 2.3.1 järel doktorid:

Stephan Spahn, järel doktor-teadur (kuni 20.10.2022), 0000-0003-1148-842X

Niels Voorneveld, järel doktor-teadur, 0000-0001-6650-3493

#### 2.3.2 doktorandid:

Michele De Pascalis, doktorant-nooremteadur (al. 5.9.2022)

Philipp Joram, doktorant-nooremteadur, 0000-0002-0448-7907

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

Andrea Laretto, doktorant-nooremteadur (al. 12.12.2022)

Martin Simon, doktorant-nooremteadur

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

Cheng-Syuan Wan, doktorant-nooremteadur

2.3.3 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.

---

#### 2.4 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

2.5 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** projektid<sup>39</sup>, **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.

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

Näidati, et duoidiline Sweedleri teooria rakendub monaadi-komonaadi interaktsiooniseadustele, Sweedleri tehted kirjeldavad vastavalt universaalset interageeruvat monaadi, komonaadi ja jääkmonaadi ning neid saab arvutada nende algebrate ja koalgebrate kategooriate kaudu.

Uuriti inimese mootorika andmete kasutamist Parkinsoni tõve diagnoosimiseks, töötati välja poolautomaante robotplavorm inimese jämemootorika registreerimiseks. Kasutati süvaõppe mudeleid merelainespektrite hindamiseks satelliidiradari piltide alusel. Uuriti tunnuste valikut masinõppepõhiseks botnetirünnete tuvastamiseks.

Üldistati tõestatavalt korrektse aspekt-orienteeritud modelleerimise meetodit Uppaali ajaga automaatide formalismi näitel

/

The duoidal Sweedler theory was shown to apply to monad-comonad interaction laws, whereby the Sweedler operations describe the universal interacting monad, comonad and residual monad respectively and these can be calculated via their categories of algebras and coalgebras.

Usability of human motor skills data to diagnose Parkinson's disease were studied. A semiautomatic robot platform was developed to register gross human motor skills. Deep learning models were used to estimate sea wave spectra based on satellite radar images. Feature selection for machine learning based detection of botnet attacks was studied.

The method of provably correct aspect-oriented modeling was generalized on the example of Uppaal timed automata formalism.

Publikatsioonid:

**D. Firsov**, D. Unruh. Reflection, rewinding and coin-toss in Easycrypt. In *Proc. of 11th ACM SIGPLAN Int. Conf. on Certified Programs and Proofs, CPP '22 (Philadelphia, PA, Jan. 2022)*, pp. 166-179. ACM Press, 2022.

[doi:10.1145/3497775.3503693](https://doi.org/10.1145/3497775.3503693)

**H. Maarand, H. Tamm**. Yet another canonical nondeterministic automaton. In Y.-S. Han, G. Vaszil, eds., *Proc. of 24th IFIP WG 1.2 Int. Conf. on Descriptive Complexity of Formal Systems, DCFS 2022 (Debrecen, Aug. 2022)*, v. 13439 of *Lect. Notes in Comput. Sci.*, pp. 184-196. Springer, 2022. [doi:10.1007/978-3-031-13257-5\\_14](https://doi.org/10.1007/978-3-031-13257-5_14)

D. McDermott, **E. Rivas, T. Uustalu**. Sweedler theory of monads. In P. Bouyer, L. Schröder, eds., *Proc. of 25th Int. Conf. on Software Science and Computation Structures, FoSSaCS 2022 (Munich, Apr. 2022)*, v. 13242 of *Lect. Notes in Comput. Sci.*, pp. 428-448. Springer, 2022. [doi:10.1007/978-3-030-99253-8\\_22](https://doi.org/10.1007/978-3-030-99253-8_22)

**J. Vain, L. Tsiopoulos, G. Kanter**. Provably correct aspect-oriented modeling with UPPAAL timed automata. In J. Prashant, A. Anand, J. Vain, J. Singh, M. Quasim, eds., *System Assurances: Modelling and Management*, pp. 447-476. Academic Press, 2022. [doi:10.1016/b978-0-323-90240-3.00025-4](https://doi.org/10.1016/b978-0-323-90240-3.00025-4)

**E. Valla, S. Nõmm**, K. Medijainen, P. Taba, A. Toomela. Tremor-related feature engineering for machine learning based Parkinson's disease diagnostics. *Biomed. Signal Process. Control*, v. 75, art. 103551, 2022.

[doi:10.1016/j.bspc.2022.103551](https://doi.org/10.1016/j.bspc.2022.103551)

2.7 Uurimisrühma veebilehe aadress

Loogika ja semantika rühm (= pool laborist): <https://cs.ioc.ee/lsg/>

3. Uurimisrühma kohta lisatakse täiendava infona:

3. 1 uurimisrühma seotus AAK prioriteetse suunaga (kuni kaks olulisemat suunda);

Usaldusväärsed IT-lahendused / Dependable IT solutions

Tulevikku vaatav riigivalitsemine / Future governance

3.2 uurimisrühma tegevusega seotud teadusvaldkond – kuni kaks alamvaldkonda Frascati Manuaali teadusvaldkondade ja -erialade klassifikaatori<sup>40</sup> alusel ja kuni kolm teaduseriala CERCS klasifikaatori<sup>41</sup> 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

3.3 uurimisrühma liikmete rahvusvahelisel ja riiklikul tasemel olulised tunnustused lõppenud aastal; Niccolò Veltri pälvis Vabariigi Presidendi noore IT-teadlase preemia. Ekaterina Zhuchko magistritöö Denis Firsovi ja Sven Lauri juhendamisel pälvis üliõpilaste teadustööde riiklikult konkursilt magistriõppe kategoorias äramärgimise. Jüri Vainu kaasautorlusega artikkel pälvis konverentsi ETFA 2022 parima artikli preemia.

/

Niccolò Veltri won the President of Estonia's young IT researcher award. The MSc thesis of Ekaterina Zhuchko, supervised by Denis Firsov and Sven Laur, won an honorable mention in the national student research competition. A paper with Jüri Vain as a coauthor won the best paper award from the ETFA 2022 conference.

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

Sven Nõmm töötas IFACi tehnilise komitee 4.5 aseesimehena. Ta on IFAC World Congress 2023 kaastoimetaja. Tarmo Uustalu osales IFIPi töörühma 2.1 tegevustes ja konverentsisarjade ETAPS, ICTAC, MPC juhttoimkondades, oli konverentsi Logic Colloquium 2022 erisessiooni kaasesimees, töötas konverentside CMCS 2022, TyDe 2022, SETTA 2022 programmitoimkondades. Denis Firsov töötas konverentsi CPP 2023 programmitoimkonnas, Hellis Tamm töötas konverentsi MFCS 2022 programmitoimkonnas, Niccolò Veltri töötas konverentsi ICFP 2022 programmitoimkonnas.

/

Sven Nõmm worked as vice-chair for IFAC Technical Committee 4.5. He is associate editor for IFAC World Congress 2023. 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. He was programme cochair for a special session of Logic Colloquium 2022, served on the programme committees of CMCS 2022, TyDe 2022, SETTA 2022. Denis Firsov served on the programme committee of CPP 2023, Hellis Tamm on the programme committee of MFCS 2022, Niccolò Veltri in the programme committee of ICFP 2022.

3.5 Info uurimisrühma rakendusliku väljundiga teadus- ja arendustegevuse kohta:

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

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

Arendusprojekti EAG143 raames töötati välja ülalnimetatud robotplatvorm.

/

The development project EAG143 resulted in the robot platform described above.

3.6 Kolm kõige olulisemat välis- ja kolm kõige olulisemat Eesti koostööpartnerit (ülikooli või muu suurema asutuse puhul tuleks näidata ka alamstruktuuri tase - uurimisrühm/instituut vm)

U. of Ghent, Dept. of Math. (Sven Nõmm)

U. of Minho, Dept. of Informatics; U. of Nottingham, School of Comput. Sci. (Tarmo Uustalu)

U. of Oslo, Dept. of Informatics; Åbo Akademi, Fac. of Sci. and Engin., IT; Tokyo Denki U., School of Engin. (Jüri Vain)

<sup>40</sup> <https://www.etis.ee/Portal/Classifiers/Details/ac88df15-7410-4edb-807b-4766f6702074>

<sup>41</sup> [Common European Research Classification Scheme \(CERCS\) Teadusvaldkondade ja -erialade klassifikaator](#)



TTÜ, meresüsteemide instituut; TLÜ, loodus- ja terviseteaduste instituut; TÜ Kliinikum,  
neuroloogiakliinik (Sven Nõmm)

## Uurimisrühma 2022 aasta kokkuvõte

### 2. Uurimisrühma tutvustus (kahes keeles)

#### 2.1 nimetus

ET: Rakendusliku Tehismõistuse Töörühm

EN: Applied AI Group

#### 2.2 juhi nimi, ametikoht ja kontaktandmed (telefon, e-posti aadress)

ET: Vahur Kotkas, tarkvara arendusjuht, vahur.kotkas@taltech.ee

EN: Vahur Kotkas, software development manager, vahur.kotkas@taltech.ee

#### 2.3 akadeemilisel ametikohal töötavate uurimisrühma liikmete loetelu (nimeliselt)

Tanel Tammet

Irina Astrova

Ago Luberg

Riina Maigre

Priit Järv

##### 2.3.1 järeldoktorid

##### 2.3.2 doktorandid

Martin Verrev

Abdul Ghafoor

##### 2.3.3 mitteakadeemilisel ametikohal töötavad liikmed, kes panustavad ka teadustegevusse

Andres Ojamaa

Kristiina Kindel

Karl Ivory Pappel

#### 2.4 tegevust iseloomustavad võtmesõnad (keywords), minimaalselt kolm

ET: mudelipõhine masinõpe, automatiseeritud inimlaadne arutus, ontoloogiapõhine arutus, soovitusüsteemid, loogikapõhised tarkvarasüsteemid, keeruliste süsteemide modelleerimine ja simulatsioonid

EN: (model-based) machine learning, automated commonsense reasoning, ontology based reasoning, recommender systems, logic-based software systems, complex systems modeling and simulations

## 2.5 uurimisrühma kompetentsid

ET: Rakendusliku tehismõistuse töörühm keskendub oma uurimistöös tehismõistuse meetoditele, arendades ja rakendades neid erinevates valdkondades. Peamiselt keskendutakse masinõppe, ontoloogiapõhise arutluse, automaatse teoreemitõestamise, teadmuse loomise jt tehismõistuse meetodite loomisele ning juurutamisele tööstuse ja avaliku sektori rakendustes. Lisaks tegeldakse uuringutega loomuliku keele mõistmise ja automatiseeritud inimlaadse arutluse valdkondades.

EN: 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, common-sense reasoning, understanding natural language and other AI methods for solving digitalisation problems of different industrial and governmental stakeholders. We are also developing novel methods and systems for core natural language understanding and common-sense reasoning.

## 2.6 rahvusvahelisel tasemel väljapaistvad teadustulemused

## 2.7 veebilehe aadress

## 3. täiendav info

### 3.1 seotus TalTech TA prioriteetse suunaga

- usaldusväärsed IT lahendused
- targad ja energiatõhusad keskkonnad

### 3.2 tegevusega seotud teadusvaldkonnad ja -erialad

- kuni 2 alamvaldkonda Frascati Manuali klassifikaatori alusel

- 1.2 arvutiteadus ja informaatika
- 5.3 haridusteadused

- kuni 3 teaduseriala CERCS klassifikaatori alusel

- P175 Informaatika, süsteemiteooria
- P176 Tehisintellekt

### 3.3 liikmete rahvusvahelisel ja riiklikul tasemel olulised tunnustused (aastal 2022)

3.4 liikmete osalus oluliste TA&I-ga seotud välisorganisatsioonide töös (aastal 2022)

3.5 rakendusliku väljundiga teadus- ja arendustegevus

3.5.1 senised rakendused ettevõtluses, majanduses, ühiskonnas (kirjeldus ning viited projektidele, lepingutele, uudistele vm)

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

- Loogikapõhine, suurtel teadmusbaasidel arutlev, diskussioonimeetod. Töö kaugemaks eesmärgiks on hübriidse (masinõpet ja loogikat sisaldava) tuletusmootori loomine, mis võimaldab inimõtlelemises tavapäraseid üldistusi kasutades teavet analüüsida ja soovitusi koostada või otsuseid vastu võtta.

3.6 Kolm kõige olulisemat välis- ja kolm kõige olulisemat Eesti koostööpartnerit (ülikooli või muu suurema asutuse puhul tuleks näidata ka alamstruktuuri tase - uurimisrühm/instituut vm)