

Mehaanika ja tööstustehnika instituut
Department of Mechanical and Industrial Engineering

Teadus- ja arendustegevuse aruanne
2021

Prof. Kristo Karjust
kristo.karjust@ttu.ee, +372 620 3260

Tallinn
2022

Mehaanika ja tööstustehnika instituut

Department of Mechanical and Industrial Engineering

Instituudi töötajate arv on 101, kellest vanemlektoreid 4, lektoreid 6, teneuri-professoreid 9, professoreid 1, kaasatud professoreid 1, dotsente 2, doktorant-nooremteadureid 9, järeldoktor-teadureid 2, nooremteadureid, teadureid 16, vanemteadureid 14, juhiabi 1, insenere 15, insener-tarkvaraarendaja 2, metroloogiainsenere 1, spetsialiste 3, õppeinfosüsteemi spetsialiste 1, projekti ja õppeinfosüsteemi spetsialiste 1, õppekonsultante 1, peaspetsialiste 3, täiendusõppe spetsialiste 2, projektiassistente 3, ettevõtlusspetsialiste 1, konsultant 1 ja tehnikuid 4.

Instituudi struktuuri kuuluvad: tarkade tootmistehnoloogiate ja robotika teaduskeskus; materjalitehnika teaduskeskus; logistika ja transpordi teaduskeskus; mehaanika ja metroloogia katselabor; Eesti inseneripedagoogika keskus.

Instituudis tegutsevad järgmised uurimisrühmad/ The Department conducts research within next research groups:

- Automatiseeritud tootmissüsteemide, reaajas monitooringu ja tehisintellektil põhinevate mudelite uurimisrühm/ Automated Production Systems and Real-Time Monitoring and AI Models Research Group
- Autonoomsete sõidukite uurimisrühm/ Autonomous Vehicles Research Group
- Innovatiivsete materjalide tööstuslike rakenduste uurimisrühm/ Innovative Materials for Industrial Applications Research Group
- Kihtlisandustehnoloogiate uurimisrühm/ Additive Manufacturing Technologies Research Group
- Kulumiskindlate komposiitide ja pinnete uurimisrühm/ Wear Resistant Composites and Coatings Research Group
- Kõrgtehnoloogiliste konstruktsioonide ja toodete uurimisrühm/ Advanced Structures and Products Research Group
- Logistika ja transpordi uurimisrühm/ Research Group of Logistics and Transport
- Nutika tootmise uurimisrühm/ Smart Industry Research Group

Olulisemad tulemused 2022 aastal:

- Tootearendusprojekt: Virtuaalreaalsuse rakendamine palgikraana juhtimiseks. Uurimisgrupi liikmed: Vladimir Kuts, teadur; Yevhen Bondarenko, doktorant-nooremteadur; Simone Luca Pizzagalli, doktorant-nooremteadur; Baris Cem Baykara, insener; Alar Niidas, ettevõtlusspetsialist. Projekti eesmärk: Virtuaalreaalsuses palgikraana juhtimise välja töötamine. Metsaveohaagis on varustatud distantnjuhtimisega ja kaamerateest saab operaator ülevaate läbi virtuaalreaalsusprillide.
- Tehnoloogia arendus „granaatõunataolise“ TiB₂-Si keraamilise-metalloidipulbri lähteaine isepaljundamiseks kõrgel temperatuuril, kasutades keraamilise komposiidi selektiivse lasersulatamise tehnoloogiat. Uurimisgrupi juht: Irina Hussainova
- Teemantpinnete talitusomaduste parendamine rakendusteks laias temperatuurivahemikus. Uurimisgrupi juht: Jakob Kübarsepp

Uurimisrühmade tutvustus TalTech T&A 2020. aasta kogumiku koostamiseks

1. Automatiseeritud tootmissüsteemide, reaajas monitooringu ja tehisintellektil põhinevate mudelite uurimisrühm/ Automated Production Systems and Real-Time Monitoring and AI Models Research Group

Uurimisrühma juht

Kristo Karjust, professor, kristo.karjust@taltech.ee, tel 620 3260

Uurimisrühm

Jüri Riives (professor), Martinš Šarkans (vanemteadur), Priit Põdra (vanemlektor), Kashif Mahmood (teadur), Aigar Hermaste (lektor), Margus Müür (lektor)

Doktorandid: Kaarel Kruuser (doktorant), Pavel Tšukrejev (doktorant), Heiko Pikner (doktorant), Tõnis Raamets (doktorant-nooremteadur), Madis Moor (doktorant)

Tugipersonal: Allan Aari (insener), Riho Uusjärv (insener)

Võtmesõnad

Tootmise korraldussüsteem (MES), tootmise monitooring, tootmise optimeerimine, reaajas informatsioon, juhtmevaba andurvõrk, ennetav hooldus, tehisintellekt tootmises

Manufacturing Execution System (MES), Production Monitoring, Production Optimisation, Real Time information, Wireless Sensor Network, Predictive Maintenance, Artificial Intelligent in Production

Uurimisrühma kompetents

Tootmise monitooringu ja prognoosimise süsteemi eesmärgiks on tööpinkide ja seadmete hõivatuse ja koormatavuse jälgimine reaajas. Süsteem toob välja tööpingi tööajad, seisakud ja tootlikkuse valitud ajaperioodil ning aitab leida tootmisliini kitsaskohti ja pudelikaelu. Süsteem võimaldab ka prognoosida seadmete, komponentide ja kasutatavate tööriistade tööiga läbi ennetava hoolduse soovitusi. Lisaks tootmise reaajas jälgimisele arendatakse ka ennetava hoolduse süsteemi, mis kergendab hooldustöötajate tööd läbi detailse seadmete ja komponentide ülevaate ja analüüsi erinevate tööpinkide varuosadest ja komponentidest ning nende reaalsest ja prognoositavast elueast, mis võimaldab ettevõtetel hoida kokku hoolduskuludelt ja suurendada tootmiseseadmete tootlikkust.

The main objective of the research is to study and develop a Production Monitoring System (PMS) with Predictive functionality that operates in near real time, focusing on SMEs. The main activities of the research are: development of PMS concept; system prototyping; model predictive control development. The advanced Production Monitoring and Prediction System is detecting, measuring and monitoring the variables, events and situations which affect the performance and reliability of manufacturing systems and processes. Efficient, real-time feed of information for production control and monitoring includes data acquisition about state of equipment, production orders, flow of materials, quality of products, process data and other necessary data which are used for making the proper and optimised decisions, regarding manufacturing planning, improved use of available resources, planning of equipment maintenance etc.

Teadustegevuste tulemused

Olulisemad projektid:

- VIR19004 "Innovatsiooni raamistik väljakutsetele orienteeritud intelligentsele tootmisele (INforM) (1.01.2019–1.07.2021)", Kristo Karjust, Tallinna Tehnikaülikool, Inseneriteaduskond, Mehaanika ja tööstustehnika instituut.
- TT2 "Nutika tootmise tuumiktaristu (SmartIC) (1.01.2021–31.12.2024)", Tauno Otto, Tallinna Tehnikaülikool, Inseneriteaduskond, Mehaanika ja tööstustehnika instituut.
- KIK19019 "Tekstiilijäätmete purustamistehnoloogia ja uudsete materjalide arendamine tekstiilijäätmete väärindamiseks ning ringmajanduse toetamiseks (1.07.2019–21.06.2021)", Tiina Mäe, Tallinna Tehnikaülikool, Inseneriteaduskond, Mehaanika ja tööstustehnika instituut.

- LEMEE20129 "Enefit Energiatootmine AS remondi ja hoolduse infohalduse süsteemi arendamine (9.11.2020–30.06.2021)", Kristo Karjust, Tallinna Tehnikaülikool, Inseneriteaduskond, Mehaanika ja tööstustehnika instituut.
- LEMEE20093 "Lotus Timberi isekohaneva tootmise juhtimise tööriista rakendusüüriing (1.09.2020–30.11.2021)", Kristo Karjust, Tallinna Tehnikaülikool, Inseneriteaduskond, Mehaanika ja tööstustehnika instituut.

Olulisemad teadusartiklid:

- Mahmood, K.; Karjust, K.; Raamets, T. (2021). Production Intralogistics Automation Based on 3D Simulation Analysis. *Journal of Machine Engineering*, 21 (2), 102–115. DOI: 10.36897/jme/137081.
- Sell, R.; Pikner, H.; Majak, J.; Karjust, K. (2021). Multi-layer cyber-physical control method for mobile robot safety systems. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences*, 70 (4), 383–391. DOI: 10.3176/proc.2021.4.03.
- Tšukrejev, P.; Karjust, K.; Majak, J. (2021). Quality of Photovoltaic Modules, Experimental Evaluation and Mathematical Modelling. *IOP Conference Series Materials Science and Engineering*, 1140 (1), 012044. DOI: 10.1088/1757-899X/1140/1/012044.

Tegevusvaldkond

2.3 Mehaanika / masinaehitus/ Mechanical engineering

2.2 Elektrotehnika, elektroonika, infotehnika/ Electrical engineering, electronic engineering, information engineering

CERCS eriala

TEHNIKATEADUSED/T125 Automatiseerimine, robotika, juhtimistehnika ja T130 Tootmistehnoloogia

Uurimisrühma seotus AAK prioriteetse suunaga

Targad ja energiatõhusad keskkonnad; Usaldusväärsed IT lahendused

Täiendav info

Rakendus on TRL5-6 faasis ning kasutuses erinevates Eesti tootmisettevõtetes (Flexa Eesti, Chemi-Pharm, Multipakend, Halver Mööbel, Kulinaaria, Lotus Timber jne.)

2. Autonomsete sõidukite uurimisrühm/ Autonomous Vehicles Research Group

Uurimisrühma juht

Raivo Sell, professor, raivo.sell@taltech.ee 6203268

Uurimisrühm

Andres Petritšenko (insener), Martinš Šarkans (vanemteadur), Margus Müür, Vladimir Kuts (teadur), Kaimo Sonk (lektor), Andres Udal (vanemteadur)

Doktorandid: Ehsan Malayjerdi, Heiko Pikner, Mohsen Malayjerdi, Krister Kalda, Junyi Gu, Andrew James Roberts

Tugipersonal: Baris Cem Baykara, Andriy Partyshev

Võtmesõnad

Robootika, isejuhtivad sõidukid, , tehisintellekt, autonoomsed süsteemid, tark linn
Robotics, self-driving vehicles, artificial intelligence, autonomous systems, smart city

Uurimisrühma kompetents

Autonomsete sõidukite modelleerimine ja simuleerimine, 3D lidari ja kaamerapõhine kaardistamine ning virtuaalse keskkonna loomine, autonoomsete robotite ja sõidukite turvalisuse analüüs ja stsenaariumite genereerimine, Autonoomsete süsteemide komplekse täislahenduse arendus ja uurimistöö, sh lokaliseerimine ja navigatsioon, missiooni planeerimine, sensorika, tehisintellekt, elektromehaanika, juhtimine, simulatsioonid ja masinõppimine.

Nimetatud temaatika rakendatakse täismõõdus isejuhtivate sõidukite, mobiilsete robotite, tööstuslike logistikarobotite ja dronide arenduses ja väljatöötluses.

Development and research on complex autonomous systems, including localization, navigation, mission planning, sensorics, artificial intelligence, electro-mechanics, control, simulation and machine vision.

Topics are applied to the full range of autonomous system, in particular to self-driving vehicles, mobile robots, industrial logistics robots and drones.

Teadustegevuste tulemused

Olulisemad projektid:

- VFP19031EM H2020 FinEst Twins grant nr 856602
- AR20013EM FinEst Twins pilot Future transport ecosystem management solution
- LEP19064 Future Automated Bus Urban Level Operation System
- VFP20052 City-level Cyber-Secure Multimodal Transport Ecosystem
- VIR20068 Sohjoa Last Mile

Olulisemad teadusartiklid:

- Caltagirone, L.; Bellone, M.; Svensson, L.; Wahde, M.; Sell, R. (2021). Lidar-Camera Semi-Supervised Learning for Semantic Segmentation. *Sensors*, 21 (14), #4813. DOI: 10.3390/s21144813.
- Sell, R.; Soe, R.-M.; Wang, R.; Rassõlkin, A. (2021). Autonomous Vehicle Shuttle in Smart City Testbed. In: Zachäus C., Meyer G. (Ed.). *Intelligent System Solutions for Auto Mobility and Beyond* (143–157). Springer, Cham. (Lecture Notes in Mobility). DOI: 10.1007/978-3-030-65871-7_11.
- Sell, R.; Pikner, H.; Majak, J.; Karjust, K. (2021). Multi-layer cyber-physical control method for mobile robot safety systems. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences*, 70 (4), 383–391. DOI: 10.3176/proc.2021.4.03.

- Sell, R.; Malayjerdi, M.; Malayjerdi, E.; Baykara, B. C. (2021). Autonomous vehicle safety evaluation through a high-fidelity simulation approach. Proceedings of the Estonian Academy of Sciences, 70 (4), 413–421. DOI: 10.3176/PROC.2021.4.07.

Teadustegevuste tulemused

Eesti esimene isejuhtiv sõiduk – ISEAUTO

Tegevusvaldkond

2.2 Elektrotehnika, elektroonika, infotehnika / Electrical engineering, electronic engineering, information engineering

2.3 Mehaanika / masinaehitus / Mechanical Engineering

CERCS eriala

TEHNIKATEADUED/T125 Automatiseerimine, robotika, juhtimistehnika

Uurimisrühma seotus AAK prioriteetse suunaga

Targad ja energiatõhusad keskkonnad; Usaldusväärsed IT lahendused

Täiendav info

uurimisrühma liikmete osalus välisriikide akadeemiate ja/või muude oluliste TA&I-ga seotud välisorganisatsioonide töös 2021. aastal:

- Autoware Foundation membership
- IAMTS - International Alliance for Mobility Testing and Standardization
- IEEE Eesti sektsiooni juhatuse aseesimees (Vladimir Kuts)

Info uurimisrühma rakendusliku väljundiga teadus- ja arendustegevuse kohta:

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

- Eesti esimene isejuhtiva auto – ISEAUTO <http://iseauto.taltech.ee>
- Logistikarobot Eesti tööstusettevõttele: <https://www.tallinnatv.eu/klipp/16369/27112019-taltech-robot-muudab-tootmislogistika-tulevikus-efektiivsemaks>

kus käimasolevate projektide/lepingute tulemusi (väljatöötatud tehnoloogiat, uudseid lahendusi ja kompetentse) saab rakendada.

- Eesti tööstuse digitaliseerimises ja robotiseerimises (logistika robot)
- Rahvusvaheliselt autonoomsete sõidukite ja targa linna lahendustes

3. Innovatiivsete materjalide tööstuslike rakenduste uurimisrühm/ Innovative Materials for Industrial Applications Research Group

Uurimisrühma juht

Irina Hussainova, professor, irina.hussainova@taltech.ee

Uurimisrühm

Roman Ivanov (teadur), Maksim Antonov (vanemteadur), Sofiya Aydinyan (teadur), Dmitri Goljandin (teadur), Mart Viljus (vanemteadur), Fjodor Sergejev (professor), Rocío Rojas Hernandez (teadur), Tatevik Minasyan (teadur), Nikhil Kumar Kamboj (teadur)

Doktorandid: Ali Saffar Shamshirgar, Rahul Kumar, Mansure Rezapourian;

Tugipersonal: Rainer Traksmäa, Hans Vallner, Heinar Vagiström

Võtmesõnad

Keraamika, Komposiitmaterjalid, Multifunktsionaalsed struktuurid, Grafeen, Plasmasädepaagutuse ja kihtlisandustehnoloogia, Mesoporsed komposiidid, Märg-põlemise meetod, Pulbrid, Mikrostruktuur, Kõrgtemperatuurised materjalid, Bio-inspireeritud materjalid; Pulbermetallurgia, Kulumiskindlus, Korrosioonikindlus

Ceramics; Composites; Multifunctional structures; Bio-inspired materials; Tribology; Recycling; High temperature materials; Chemical vapour deposition; Self-propagating high temperature synthesis; Microstructural analysis; Mechanical testing; Additive manufacturing; Spark Plasma sintering

Uurimisrühma kompetents

Uurimisgrupp keskendub kolmele omavahel seotud uurimissuunale : (a) hierarhiliselt struktureeritud multifunktsionaalsed komposiidid, sealhulgas elektrijuhtivusega keraamilised materjalid; anisotroopsed keraamika- põhised funktsionaalgradientmaterjalid; hierarhiliselt struktureeritud komposiidid; bioloogiliselt inspireeritud konstruktsioonmaterjalid; mesoporsed materjalid; keraamilised nanokiud; grafeenitud nanokiududega komposiitmaterjalid; keraamilised membraanid; (b) kõrgtemperatuurised tribo-komposiidid, (c) keraamika- baasil pulbrid selektiivseks laserpaagutamiseks (SLS) kihtlisandustehnoloogias sealhulgas gradientstruktureeritud pulbrid ja komposiitpulbrid keraamika-põhiste komposiitide selektiivseks laserpaagutamiseks; iselevikõrgtemperatuurisüntees (SHS); mehaaniline legerimine; funktsionaliseerimine; termotöötlus.

The research is broadly subdivided into 3 main interconnected and highly interdisciplinary directions focused on (a) hierarchically structured bio-inspired multi-functional composites including but not limited to electroconductive ceramics, functionally graded and anisotropic ceramic-based composites, mesoporous ceramics, nanofibers, graphene added bulks, ceramic membranes; (b) tribology and high-temperature damage-tolerant composites for tribo-applications, and (c) selective laser melting and powders for SLM/S of ceramic – metal composites and AM of complex-shaped ceramic-matrix composites.

The team has several invents keeping research at a high international level. The most influential are (i) self-aligned fibrous scaffold for highly anisotropic cell cultures; (ii) method for producing nanofibers composites by combustion techniques and products comprising thereof; (iii) fibrous ceramic networks and preparation thereof by selective laser melting; and (iv) ceramic complex structures by SLS.

Main outcomes 2021:

- Technology for self-propagating high temperature synthesis of “pomegranate-like” TiB₂-Si ceramic-metalloid powder feedstock suitable for AM process through Selective Laser Melting of Ceramic-Based Composite;
- SLM/S of composites with a high amount of ceramic phase (up to 90%) with the help of in-situ reactions of elemental powders mixtures.

- A novel approach for the preparation of bio-inspired porous ceramic structures by Selective Laser Melting;
- Selective laser sintered bio-inspired silicon-wollastonite and silicon- bioglass scaffolds for bone tissue engineering;
- A novel strategy to consolidate layered alumina demonstrating the directional electrical and thermal conductivity for lightweight electronics;
- Functionally Graded Tunable Microwave Absorber;
- A novel tool for directing and influencing cells behavior without biological or pharmacological cues.
- An innovative and effective substrate (GAIN scaffolds) to capture small non-enveloped viruses without pre-incubation.
- Blue long-lasting emitters for a wide range of fields from ceramic to optoelectronic materials;
- A novel approach to the preparation of SrAl₂O₄:Eu²⁺, Dy³ films by the screen-printing route with a high throughput and cost-efficiency;

Teadustegevuste tulemused

Olulisemad projektid

- PRG643 “Bio-replicating engineering structures for tribo-applications” (Estonian Science Foundation, 2020 – 2024)
- PSG220 “Additive manufacturing of super-strong and lightweight ceramics for next generation high temperature compounds” (Estonian Science Foundation, 2020 – 2022)
- PSG466 “Enhanced and wavelength-tunable luminescence in nanostructured phosphor films” (Estonian Science Foundation, 2020 – 2024)
- M-ERA.Net project “Self-lubricating systems for high temperature tribo-applications” MOBERA18 (2019 – 2021)

Olulisemad teadusartiklid:

- Rojas Hernandez, R. E.; Rubio-Marcos, F.; Gorni, G.; Marini, C.; Danilson, M.; Pascual, L.; Ichikawa, R. U.; Hussainova, I.; Fernandez, J. F. (2021). Enhancing NIR Emission in ZnAl₂O₄:Nd,Ce Nanofibers by Energy Transfer from Ce to Nd: a Promising Biomarker Material with a Low Cytotoxicity. *Journal of Materials Chemistry C*, 9, 657–670. DOI: 10.1039/D0TC04752J.
- Glukharev, A.; Glumov, O.; Temnikova, M.; Shamshirgar, A. S.; Kurapova, O.; Hussainova, I.; Konakov, V. (2021). YSZ-rGO composite ceramics by spark plasma sintering: The relation between thermal evolution of conductivity, microstructure and phase stability. *Electrochimica Acta*, 367, #137533. DOI: 10.1016/j.electacta.2020.137533.
- Kumar, R.; Liu, L.; Antonov, M.; Ivanov, R., Hussainova, I. (2021). Hot sliding wear of 88 wt.%TiB-Ti composites from SHS produced powders. *Materials*, 14, #1242. DOI: 10.3390/ma14051242 .
- Saffar Shamshirgar, A.; Rojas-Hernandez, Rocio E.; Tewari, G.; Fernandes H.F.; Ivanov, R.; Karppinen, M.; Hussainova, I. (2021). Functionally Graded Tunable Microwave Absorber with Graphene-Augmented Alumina Nanofiber. *ACS Applied Materials & Interfaces*. DOI: 10.1021/acsaami.1c02899

Tegevusvaldkond

2.5 Materjalitehnika / Materials engineering;

2.10 Nanotehnoloogia / Nano-technology

CERCS eriala

TEHNIKATEADUED/T150 Materjalitehnoloogia ja T152 Komposiitmaterjalid

Uurimisrühma seotus AAK prioriteetse suunaga

Targad ja energiatõhusad keskkonnad; Keskkonnaressursside vääristamine

4. Kihltisandustehnoloogiate uurimisrühm/ Additive Manufacturing Technologies Research Group

Uurimisrühma juht

Prashanth Konda Gokuldoss, Kihltisandustootmise professor/ Professor in Additive Manufacturing
E-post: prashanth.konda@taltech.ee, Telefon: + 372-620-3378 / + 372-5452-5540

Uurimisrühm

Lauri Kollo (vanemteadur); Dr. Ramin Rahmani (insener), Sokkalingam Rathinavelu (teadur)

Doktorandid: Navid Alinejadian, Javad Karimi

Külalisdoktorandid: Lanka Dinesh, Viraj Patil

Võtmesõnad

kihtlisandustootmine, pulbermetallurgia, tahkestumine, metastabiilsed materjalid, amorfsed sulamid, kõrgentroopsed sulamid, kõrgtemperatuurised materjalid, kergmetallid, biomaterjalid ja mehaanilised omadused.

Additive manufacturing, powder metallurgy, solidification, meta-stable materials, amorphous alloys, high entropy alloys, high temperature materials, light metals, biomaterials and mechanical properties.

Uurimisrühma kompetents

Valitud teadustegevused:

- (1) Sulamite arendus kihltisandustootmisele
- (2) Kihltisandustootmise teel valmistatud materjalide enneaegne purunemine
- (3) Kõrgentroopsed pulbermetallurgilised sulamid ekstreemsetele keskkondadele
- (4) Kihltisandustehnoloogia teel valmistatud funktsionaalsed materjalid

Selected research activities:

- (1) *Alloy design for additive manufacturing*
- (2) *Pre-mature failure in additively manufactured materials*
- (3) *Powder metallurgy of high entropy alloys for extreme environments*
- (4) *Processing of functional materials by additive manufacturing*

Teadustegevuste tulemused

Olulisemad projektid

- ETAG21021 "Waste-to-resource: eggshells as a source for next generation biomaterials for bone regeneration (1.04.2021–31.03.2024)", Prashanth Konda Gokuldoss, Tallinna Tehnikaülikool, Inseneriteaduskond, Mehaanika ja tööstustehnika instituut.
- SSGF21003 "Biomaterjalide kihltisandustootmine toidujäätmetest (12.02.2021–31.03.2022)", Prashanth Konda Gokuldoss, Tallinna Tehnikaülikool, Inseneriteaduskond, Mehaanika ja tööstustehnika instituut.

Olulisemad teadusartiklid:

- Zhao, C.; Wang, Z.; Li, D.; Kollo, L.; Luo, Z.; Zhang, W.; Prashanth, K. G. (2021). Selective laser melting of Cu-Ni-Sn: A comprehensive study on the microstructure, mechanical properties, and deformation behavior. *International Journal of Plasticity*, 138, #102926. DOI: 10.1016/j.ijplas.2021.102926. Karimi et al. *Materials Science and Engineering A*, X (2021) 140558.
- Karimi, J.; Suryanarayana, C.; Okulov, I.; Prashanth, K. G. (2021). Selective laser melting of Ti6Al4V: Effect of laser re-melting. *Materials Science and Engineering A*, 805, 140558. DOI: 10.1016/j.msea.2020.140558.

- Wang, Z.; Tang, S. Y.; Scudino, S.; Ivanov, Yu. P.; Qu, R. T.; Wang, D.; Yang, C.; Zhang, W. W.; Greer, A. L.; Eckert, J.; Prashanth, K. G. (2021). Additive manufacturing of a martensitic Co–Cr–Mo alloy: Towards circumventing the strength–ductility trade-off. Additive Manufacturing, 37, #101725. DOI: 10.1016/j.addma.2020.101725.

Tegevusvaldkond

2.5. Materjalitehnika/Materials engineering

CERCS eriala

TEHNIKATEADUUED/T150 Materjalitehnoloogia

Uurimisrühma seotus AAK prioriteetse suunaga

Targad ja energiatõhusad keskkonnad; Keskkonnaressursside vääristamine;

Täiendav info

Osalemine rahvusvaheliste teadus- ja arendusorganisatsioonide jt tegevuses (prof. Prashanth):

1. Kaastoimetaja, Materials Design and Processing Communications, Wiley Publishers;
2. Külalistetoimetaja, MDPI: Journal of Manufacturing and Materials Processing – SI: Pulbermetallurgia ning materjalide 3d printimine/ kihtlisandustehnoloogiad
3. Külalistoimetaja, MDPI: Journal of Manufacturing and Materials Processing – SI: Selektiivne lasersulatus: materjalid ning kasutusvaldkonnad.
4. Külalistoimetaja, MDPI: Materials – SI: Kihtlisandustehnoloogia: Suklamite arendus ning protsessiinnovatsioonid;
5. Toimetuskolleegiumi liige, MDPI: Journal of Manufacturing and Materials Processing.
6. MDPI nõuandekogu liige: Science.

5. Kulumiskindlate komposiitmaterjalide ja pinnete uurimisrühm/ Wear Resistant Composites and Coatings Research Group

Uurimisrühma juht

Jakob Kübarsepp, professor, jakob.kubarsepp@taltech.ee

Uurimisrühm

Kristjan Juhani (vanemteadur), Marek Tarraste (teadur), Mart Viljus (vanemteadur), Lauri Kollo (vanemteadur), Maksim Antonov (vanemteadur), Dmitri Goljandin (vanemteadur), Märt Kolnes (teadur), Mart Kolnes (teadur), Fjodor Sergejev (professor), Andrei Surženkov (teadur), Priit Kulu (emeritprofessor/), Vitali Podgurski (vanemteadur), Mart Saarna (vanemlektor), Andrei Bogatov (insener)
Doktorandid: Dmytro Tkachivskyi, Alamgir Shaikh, Vahur Leinberg, Himanshu Singh Maurya
Tugipersonal: Rainer Traksmäa, Hans Vallner, Heinar Vagiström

Võtmesõnad

keraamika-baasil komposiitmaterjal, kõvasulam, kermis, keraamikamaatrikskomposiit, pinne, komposiitpinne, kulumiskindlus, mehaanilised omadused

ceramic-based composite, cemented carbide, cermet, ceramic-matrix composite, coating, composite hardfacing, wear resistance, corrosion resistance

Uurimisrühma kompetents

Teadus- ja arendustegevus on keskendunud eelkõige alljärgnevatel uurimissuundadele ja nendega seotud tööstuslikele rakendustele : (a) Co- ja Ni-vabad, Fe-baasil alternatiivsete (toorainevarusid, keskkonnakaitset ja tervishoiu aspekte arvestavate) metallsideainetega kõvasulamid; (b) Fe- baasil alternatiivsideainetega TiC- ja Ti(C,N)- baasil kermised; (c) Ti-baasil rasksulavate ühenditega keraamikamaatrikskomposiidid; (d) Fe-baasil komposiitkõvapinded; (e) õhukesed teemantpinded.

R&D activities of the research group have been focused mainly on the following research topics and related industrial applications: (a) Co- and Ni- free WC-based cemented carbides with alternative (considering critical materials supply, environmental safety and healthcare aspects) Fe – based metallic binders; (b) W-free, TiC- and Ti(C,N)-based cermets with alternative Fe- based binders; (c) ceramic-matrix composites based on refractory compounds of Ti; (d) Fe- based composite hardfacings; (e) diamond-based thin coatings.

Olulisemad projektid:

- PRG665 „Komposiitmaterjalid „keraamika- Fe sulam“ kasutamiseks tingimuste laias diapsoonis“ (ETAg rühmagrant, 2021-2025).
- KIK20031 „Nioobiumräbu ümbertöötus ja väärimine“ (KIK, 2020-2021).
- LEMEE20074 Vaakum nanoelektronikal toimiva püroelektrilise röntgengeneraatori väljatöötamine ja valideerimine põlemisprotsessi optimeerimisel ja kahjulike suitsugaaside lagundamisel (NS rakendusuring, 2020-2022).
- LEMEV20091 „Värvilised keraamikamaatrikskomposiidid kella- ja juveelitööstuses: materjalide ja tootmistehnoloogiate arendus“ (The Swatch Group R&D Ltd, 2020 – 2021).
- PUT1369 „Teemantpinnete adaptatsioonimehhanismid kuival hõõrdekulumisel.“ (ETAg PUT, 2017-2020).

Olulisemad teadusartiklid:

- Kolnes, M.; Tarraste, M.; Kübarsepp, J.; Juhani, K.; Viljus, M. In-situ alloying of TiC-FeCr cermets in manganese vapour. Proc. of the Estonian Acad. Sci., 70, 4 (2021) 533-539. (DOI: 10.3176/proc.2021.4.22).

- Podgurskyi, D.; Alamgir, A.; Yashin, M.; Jõgiaas, T.; Viljus, M.; Raadik, T.; Danilson, M.; Sergejev, F.; Lümkmann, A.; Kluson, J.; Sondor, J.; Bogatov, A. High-temperature tribological performance of Al₂O₃/a-C:H:Si coating in ambient air. *Coatings*, 11, 5 (2021) 495. (DOI: 10.3390/coatings11050495).

Peamised teadustulemused: 1) Co- ja Ni-vabade komposiitide WC-FeMn ja TiC-FeCr tehnoloogia; 2) TiN- ja TiCN-baasil keraamikamaatrikskomposiitide tehnoloogia; 3) teemantpinnete talitusomaduste parendamine rakendusteks laias temperatuurivahemikus; 4) õhukeste kõvapinnete lasertehnoloogia arendus.

Outstanding research results: 1) *technology of Co- and Ni-free WC-FeMn and TiC-FeCr composites*; 2) *technology of TiN- and TiCN-based ceramic-matrix composites*; 3) *advancement of diamond coatings for a wide range of conditions*; 4) *enhancement of functional properties of thin PVD coatings*

Tegevusvaldkond

2.5 Materjalitehnika/ *Materials engineering*

CERCS eriala

TEHNIKATEADUUED/T150 Materjalitehnoloogia ja T153 Keraamilised materjalid ja -pulbrid ja T155 Pinded ja pinnatehnoloogia

Uurimisrühma seotus AAK prioriteetse suunaga

Keskonnaressursside vääristamine; Targad ja energiatõhusad keskkonnad

Täiendav info

Uurimisrühma juht Jakob Kübarsepp on European Powder Metallurgy Association (EPMA) liige

6. Kõrgtehnoloogiliste konstruktsioonide ja toodete uurimisrühm/ Advanced Structures and Products Research Group

Uurimisrühma juht

Jüri Majak, professor, jüri.majak@taltech.ee, Tel. +372 6203265;

Uurimisrühm

Martin Eerme (professor), Jüri Lavrentjev (professor), Martin Pärn (professor), Meelis Pohlak (vanemteadur), Fabio Auriemma (vanemteadur), Hans Rämmal (dotsent), Maarjus Kirs (teadur), Tarmo Velsker (insener), Janno Nõu (insener).

Doktorandid: Pavel Tšukrejev, Tiina Mäe, Ramachandran Karunanidhi, Marvar Mehrparvar, Margus Villau

Järel doktorid: Mustafa Arda

Võtmesõnad

Optimeerimismeetodid, tehisintellekt, akustika, numbrilised meetodid, komposiitmaterjalid

Structural analysis and design optimization, artificial intelligence, acoustics, numerical methods, composite materials

Uurimisrühma kompetents

Uurimisrühma kompetentsid katavad tehisintellektil põhinevate algoritmide ja tööriistade arendamist ning rakendamist toodete ja tootmisprotsesside optimeerimiseks. Üks põhisuundi on evolutsiooniliste optimeerimise algoritmide (GA, HGA, PSO, ACO) kasutamine insenerirakendustes. Aktuaalseteks probleemideks on hübriidmeetodite arendus ja tehisintellekti tööriistade kombineeritud kasutamine algoritmides (ANN+EA). Üheks alamteemaks on uute numbriliste meetodite arendus fookusega Haari lainikul põhinevatel diskretiseerimismeetoditel.

Uurimisrühmal on pikaajaline kogemus lainelevi uuringutes kanalites ning üldisemalt piiratud ruumis. On välja arendatud erinevaid katsemeetodeid helivälja dekompositsiooniks. Väljatöötatud rakendused on kasutatavad erinevate materjalide ning toodete akustiliste omaduste eksperimentaalseks määramiseks, samuti akustilise välja energia (müra) kogumiseks ning muundatakse kasulikuks energialiigiks.

The competencies of the workgroup cover development and application of the AI based optimization algorithms, procedures and tools for design of products and production processes. One main topic in recent years is implementation of Evolutionary (EA) methods and tools in engineering design. Actual topic is development of hybrid algorithms (ANN+EA) and combining multiple AI tools. One subtopic is development and adaptation of new numerical methods with focus on Haar wavelet based discretization methods.

The research team has a long experience in wave propagation research in channels and more generally in a limited space. Various test methods for sound field decomposition have been developed. The developed applications can be used for experimental determination of acoustic properties of different materials and products, as well as for the collection of energy (noise) in the acoustic field and are converted into a useful type of energy.

Olulisemad projektid:

- TAR16012 "Teadmistepõhise ehituse tippkeskus (1.10.2015–1.03.2023)", Jarek Kurnitski, Tallinna Tehnikaülikool, Ehitusteaduskond, Ehitiste projekteerimise instituut, Ehitusfüüsika ja energiatõhususe õppetool. Antud töögrupil on üks projekti fookus.

- AR20013 "Targa linna tippkeskus" (1.01.2020–31.08.2023); Vastutav täitja: Ralf-Martin Soe; Tallinna Tehnikaülikool, Targa linna tippkeskus, Tallinna Tehnikaülikool, Inseneriteaduskond, Ehituse ja arhitektuuri instituut, Tallinna Tehnikaülikool, Inseneriteaduskond, Mehaanika ja tööstustehnika instituut, Tallinna Tehnikaülikool, Inseneriteaduskond, Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut, Tallinna Tehnikaülikool, Infotehnoloogia teaduskond, Tarkvarateaduse instituut, Tallinna Tehnikaülikool, Infotehnoloogia teaduskond, Arvutisüsteemide instituut;
- AR20013EM "Tuleviku transpordi ökosüsteemi lahendus" (1.01.2021–31.08.2023); Vastutav täitja: Raivo Sell; Tallinna Tehnikaülikool, Inseneriteaduskond, Mehaanika ja tööstustehnika instituut
- MOBJD704 "Numbriliste meetodite arendamine kaasaegsete komposiit- ja nanostruktuuride analüüsiks (1.02.2021–28.02.2022)", Mustafa Arda, Tallinna Tehnikaülikool, Inseneriteaduskond, Mehaanika ja tööstustehnika instituut.
- LEMEE21081 "Akustilised uuringud" (1.07.2021–1.07.2022); Vastutav täitja: Jüri Lavrentjev; Tallinna Tehnikaülikool.
- LEMEE21126 "Summutite ja muude toodete akustilised uuringud" (1.11.2021–31.10.2022); Vastutav täitja: Jüri Lavrentjev; Tallinna Tehnikaülikool, Inseneriteaduskond, Mehaanika ja tööstustehnika instituut
- KIK19019 "Tekstiilijäätmete purustamistehnoloogia ja uudsete materjalide arendamine tekstiilijäätmete väärindamiseks ning ringmajanduse toetamiseks (1.07.2019–21.06.2021)", Tiina Mäe, Tallinna Tehnikaülikool, Inseneriteaduskond, Mehaanika ja tööstustehnika instituut.
- VIR19004 "Innovatsiooni raamistik väljakutsetele orienteeritud intelligentsele tootmisele (INforM)" (1.01.2019–31.12.2021); Kristo Karjust; Tallinna Tehnikaülikool, Inseneriteaduskond, Mehaanika ja tööstustehnika instituut.
- TT2 "Nutika tootmise tuumiktaristu (SmartIC)" (1.01.2021–31.12.2024); Vastutav täitja: Tauno Otto; Tallinna Tehnikaülikool, Inseneriteaduskond, Mehaanika ja tööstustehnika instituut.
- VERT20011 "3D printimise õppekavamaterjalide arendus kutseharidusele" (17.12.2019–16.12.2021); Vastutav täitja: Tauno Otto; Tallinna Tehnikaülikool, Inseneriteaduskond, Mehaanika ja tööstustehnika instituut
- VFP21025 "Innovatsiooni edendamine kiirenditeaduses ja -tehnoloogias" (1.05.2021–30.04.2025); Vastutav täitja: Tauno Otto; Tallinna Tehnikaülikool, Inseneriteaduskond, Mehaanika ja tööstustehnika instituut.
- Lep19045 "Mürsu kildude leviku modelleerimine", ", (01.11.2020 - 01.06.2022), Martin Eerme, Tallinn University of Technology, School of Engineering, Department of Mechanical and Industrial Engineering.
- "Reach-U kaamera süsteemi mehaanika", (01.10.2019-15.04.2021), Martin Eerme, Tallinn University of Technology, School of Engineering, Department of Mechanical and Industrial Engineering.

Olulisemad teadusartiklid:

- Ratas, M.; Majak, J.; Salupere, A. (2021). Solving Nonlinear Boundary Value Problems Using the Higher Order Haar Wavelet Method. *Mathematics*, 9 (21), #2809. DOI: 10.3390/math9212809.
- Ratas, Mart; Salupere, Andrus; Majak, Jüri (2021). Solving nonlinear PDEs using the higher order Haar wavelet method on nonuniform and adaptive grids. *Mathematical Modelling and Analysis*, 1 (26), 147–169. DOI: 10.3846/mma.2021.12920.
- Sorrenti, M.; Di Sciuva, M.; Majak, J.; Auriemma, F. (2021). Static Response and Buckling Loads of Multilayered Composite Beams Using the Refined Zigzag Theory and Higher-Order Haar Wavelet Method. *Mechanics of Composite Materials*, 57 (1), 1–18. DOI: 10.1007/s11029-021-09929-2.
- Sell, R.; Pikner, H.; Majak, J.; Karjust, K. (2021). Multi-layer cyber-physical control method for mobile robot safety systems. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences*, 70 (4), 383–391. DOI: 10.3176/proc.2021.4.03.
- Tšukrejev, P.; Majak, J.; Karjust, K. (2021). Experimental evaluation and numerical modelling of the quality of photovoltaic modules. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences*, 70 (4), 477–483. DOI: 10.3176/proc.2021.4.15.

- Di Giulio, E.; Auriemma, F.; Napolitano, M.; Dragonetti, R. (2021). *Acoustic and thermoacoustic properties of an additive manufactured lattice structure*. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 149 (6), 3878–3888. DOI: 10.1121/10.0005085.
- Villau, M.; Rämmal, H.; Lavrentjev, J. (2021). *Acoustic study of multi-layered microperforated elements for fibreless noise control applications*. *IOP Conference Series Materials Science and Engineering*, 1140 (012015), 1–6. DOI: 10.1088/1757-899X/1140/1/012015.
- Villau, M.; Rämmal, H.; Lavrentjev, J. (2021). *Concept study of sustainable noise control solution for HVAC systems based on microperforated elements*. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences*, 70 (4), 461–469. DOI: 10.3176/proc.2021.4.13.
- Lavrentjev, J. (2021). *Green eco-friendly acoustic materials*. *IOP Conference Series Materials Science and Engineering*, 1140, #012009. DOI: 10.1088/1757-899X/1140/1/012009.
- Villau, M.; Rämmal, H.; Lavrentjev, J. (2021). *Innovative fibreless HVAC duct silencer based on microperforated elements*. *Materials Today Proceedings*.
- Rämmal, H.; Lavrentjev, J. *On Acoustic Properties of Duct Termination Exhausting Hot Flow by Utilizing FEM Simulation*. *Evolutions in Mechanical Engineering*, 3 (3), 1–6. DOI: 10.31031/EME.2021.03.000565.

Tegevusvaldkond

1.2 Arvutiteadus ja informaatika / Computer and information sciences

2.3 Mehaanika / masinaehitus / Mechanical engineering

CERCS eriala

TEHNIKATEADUED/T210 Masinaehitus, hüdraulika, vaakumtehnoloogia, vibratsioonakustiline tehnoloogia
 REAALTEADUSED/ P170 Arvutiteadus, arvutusmeetodid, süsteemid, juhtimine (automaatjuhtimisteooria)

Uurimisrühma seotus AAK prioriteetse suunaga

Keskonnaressursside vääristamine; Targad ja energiatõhusad keskkonnad

Täiendav info

välisorganisatsioonide töös lõppenud aastal.

J.Majak on järgmiste ajakirjade toimetuse liige

- Elsevieri ajakiri „Composites Part C“
- Springeri ajakiri „Mechanics of Composite Materials“
- MPDI ajakiri „Mathematics“

Info uurimisrühma rakendusliku väljundiga teadus- ja arendustegevuse kohta:

Akustiliste omaduste rakendusuuringud on aastal 2021 teostatud järgmistele tootmisettevõtetele: Intoconcept OY (Soome), Structo AS, Airforced Systems OÜ, EZ Blockchain Europe OÜ, Flexovent OÜ.

Uute akustiliste materjalide väljatöötamine ettevõtetele: OÜ Ecolare, Debreta OÜ, Tolira Ehitus OÜ, IWS OÜ.

7. Logistika ja transpordi uurimisgrupp/ Research Group of Logistics and Transport

Uurimisrühma juht

Dago Antov, professor, dago.antov@taltech.ee

Uurimisrühm

Jüri Lavrentjev (professor), Kati Kõrbe Kaare (vanemteadur), Hans Rämmal (dotsent), Ott Koppel (külalislektor), Eduard Shevtshenko (vanemteadur), Jelizaveta Janno (lektor), Anton Pashkevich (insener)

Doktorandid: Kristjan Kuhi, Juri Ess, Allan Nõmmik, Eva Branten, Kaur Sarv, Raul Markus

Võtmesõnad

Logistika, liikuvuse ja transpordiplaneerimine, tarneahela kavandamine

Logistics, mobility and transport planning, supply chain planning

Uurimisrühma kompetents

Uurimisgrupi uurimistöö on keskendunud järgmistele suundadele:

- A. Keskkonnasäästlikud sõidukid. Kontakt: Jüri Lavrentjev
Uurimistöö selles alamvaldkonnas on suunatud sõidukite keskkonnakahjulikkuse vähendamisele. Peamine uurimisobjekt on sõidukite poolt genereeritud müra nii üksiksõiduki kui liiklusvoo poolt tekitatuna. Üksiksõiduki konstruktsioonis uuritakse uute ja efektiivsemate mürasummutusmaterjalide loomise ja kasutuselevõtu võimalusi. Rakendusuringutasemel on fookuses ka uued vedelkütusetüübid, nende tehnilised ja majanduslikud probleemid.
- B. Transpordiplaneerimine ja liikuvuskorraldus. Kontakt: Dago Antov
Transpordi, liikuvuse ja liikluse alased uuringud on suunatud turvalise, sujuva ning säästliku liiklemise võimaluste leidmisele ning linnalogistika ning transpordi ja ruumikasutuse omavaheliste seoste uurimisele. Eelnimetatute kõrval on märksõnadeks säästlik liikuvus ja jätkusuutlik transport, sealhulgas ühistranspordi korraldamine linnas, regioonis, riigis ja rahvusvaheliselt, liikluse prognoosimine, transpordiuuringud, liikuvuskavad, transpordivõrgu analüüs ja transpordisüsteemi planeerimine, liiklusohutus ja -järelvalve.
- C. Logistika. Kontakt: Kati Kõrbe Kaare
Logistikaalased uuringud on seotud nutika transpordilogistika, veoseohutuse, transpordi hinnakujunduse ja võrguettevõtetes tulemuslikkuse mõõtmisega.
- D. Tarneahela juhtimine. Kontakt: Eduard Ševtšenko
Tarneahela juhtimise alased uuringud on seotud väärtusahela analüüsi, tarneahela koostöö, jätkusuutliku tarneahela ja nõudluse prognoosimise valdkondadega.

Research group focuses on the following four research directions:

- A. Eco-friendly vehicles. Contact: Jüri Lavrentjev
Research in this sub-area aims at reducing the environmental impact of vehicles. The main research object is vehicle-generated noise generated by both an individual vehicle and a traffic flow. The design of an individual vehicle explores the possibilities for creating and deploying new and more effective noise absorbing materials. In the applied research, new types of liquid fuel, their technical and economic problems are also in focus.
- B. Mobility Engineering and traffic planning. Contact: Dago Antov
Transport, mobility and traffic related studies are aimed to find the possibilities of safe, seamless and sustainable mobility, the study of the interlinkages between urban logistics and transport and space use. Beside the aforementioned, keywords include sustainable mobility and sustainable transport, including public transport in the city, region, country and internationally, traffic forecasting, transport studies, mobility schemes, transport network analysis and transport system planning, road safety and surveillance.
- C. Logistics. Contact: Kati Kõrbe Kaare

Logistics research relates to smart logistics, freight security, transport pricing and network performance measurement.

D. Supply chain engineering. Contact: Eduard Shevchenko

Supply chain management studies are related to value chain analysis, supply chain collaboration, sustainable supply chain and demand forecasting.

Teadustegevuste tulemused

Olulisemad projektid:

- Eesti teadustaristu teekaardi objekt: Infotehnoloogiline mobiilsusobservatoorium (IMO) <http://www.etag.ee/rahastamine/infrastruktuuritoetused/teadustaristu-teekaart/>;
- AR20013EM "Tuleviku transpordi ökosüsteemi lahendus" (1.01.2021–31.08.2023); Vastutav täitja: Raivo Sell; Dago Antov, Jelizaveta Janno, Kati Kõrbe Kaare;
- AR20013 "Targa linna tippkeskus" (1.01.2020–31.08.2023); Vastutav täitja: Ralf-Martin Soe; Dago Antov;
- VFP20045 "5G-ROUTES: 5th Generation connected and automated mobility cross-border EU trials (1.09.2020–31.08.2023)", Kati Kõrbe Kaare;
- LEMAE20089 "Rapla maakonna kohaliku omavalitsuse üksuste ühise liikuvusuuringu läbiviimine (15.09.2020–30.04.2021)", vastutav täitja: Jelizaveta Janno.

Olulisemad teadusartiklid:

- Janno, J.; Kõrbe Kaare, K. (2021). Problem-Based Learning Contribution to Master's Studies in Logistics and Supply Chain Management. ICL2021 Proceedings: ICL2021 "Mobility for Smart Cities and Regional Development – Challenges for Higher Education, 22-24 September 2021, Dresden, Germany. Springer, 1–12
- Janno, J.; Mochalina, E.; Ivankova, G.; Labanova O.; Latõnina, M.; Safiulina, E.; Uukkivi, A. (2021). The Impact of Initial Data on The Logistics Performance Index Estimation: Estonian And Russian Study. LogForum. Scientific Journal of Logistics, 17 (1), 147–156.
- Ess, J.; Luppini, J.; Antov, D. (2021). ESTIMATING THE POTENTIAL OF A WARNING SYSTEM PREVENTING ROAD ACCIDENTS AT PEDESTRIAN CROSSINGS. LogForum. Scientific Journal of Logistics, 17 (3), 441–452. DOI: 10.17270/J.LOG.2021.605.

Koostöö teiste T&A asutuste ja ettevõtete (sh välisriikidest):

- ITS Estonia
- Eesti Rahvusvaheliste Autovedajate Assotsiatsioon (ERAA)
- Eesti Tarneahelate Juhtimise Ühing (PROLOG)
- Eesti Logistika ja Ekspedeerimise Assotsiatsiooni (ELEA)
- Tallinna Sadam AS
- The Association for Supply Chain Management, Procurement and Logistics (BME)

Tegevusvaldkond

2.1 Ehitusteadused/ Civil Engineering

CERCS eriala

TEHNIKATEADUED/ T280 Maanteetransporditehnoloogia ja T290 Raudteetransporditehnoloogia ja T300 Veetransporditehnoloogia ja T310 Õhutransporditehnoloogia

Uurimisrühma seotus AAK prioriteetse suunaga

Targad ja energiatõhusad keskkonnad; Keskkonnaressursside väärastamine

Täiendav info

Käimasolevate projektide/lepingute tulemusi (väljatöötatud tehnoloogiat, uudseid lahendusi ja kompetentse) saab rakendada

- Logistikasektori efektiivsuse ja säästlikkuse tagamisel logistikaettevõtetes;
- Liikuvuskorralduse meetmete (sh riiklike strateegiate ja arengukavade) väljatöötamisel ja rakendamisel;
- Mürasummutusmeetmete valikul ja rakendamisel.

8. Nutika tootmise uurimisrühm/ Smart Industry Research Group

Uurimisrühma juht: Tauno Otto, professor, tauno.otto@taltech.ee 53090118

Uurimisrühm:

Jüri Riives (professor), Lauri Kollo (vanemteadur), Meelis Pohlak (vanemteadur), Eduard Ševtšenko (vanemteadur), Tatjana Karaulova (vanemteadur), Fjodor Sergejev (professor), Toivo Tähemaa (teadur), Martinš Sarkans (vanemteadur), Yevhen Bondarenko (spetsialist), Margus Müür (lektor), Aigar Hermaste (lektor).

Doktorandid: Tavo Kangru (kaitses jaan 2021), Kristo Vaher, Madis Moor, Simone Lucca Pizzagalli, Geithy Sepp.

Võtmesõnad:

nutikas tootmine, tööstus 4.0, digitaalsed kaksikud, digitaalne tootmine
smart manufacturing, industry 4.0, digital twins, digital manufacturing

Uurimisrühma kompetents

Kompetentsid: tootmisprotsesside digitaliseerimine, virtualiseerimine ja simulatsioon, digikaksikute arendus, tootmise ümberkonfigureerimine traditsioonilistelt tööstustehnoloogiatelt 3D tehnoloogiatele

On välja arendatud simulatsioonikeskkond tehisreaalsuses Tööstus 4.0 põhimõtetest lähtuvalt. Tulemuseks arendasid uurimisgrupi teadlased välja täiesti uue mudeli, kus tekitatakse digikaksik vahekihina virtuaalreaalsusesse loodud keskkonna ja reaalse roboti juhtimissüsteemi vahele. Kasutades digitaalsete kaksikute kontseptsiooni mitte ainult simulatsioonivahendite, vaid ka kahesuunaliselt sünkroniseeritavate digitaalsete kaksikute loomise meetodika arendamiseks, võimaldab see tööstusrobotite tootmisraku näitel hallata ja juhtida tehasi simulatsioonikeskkonnast reaalajas. Vastav rakendus on toimiv eri nutiplatvormidelt ning uued robotsüsteemid sh isejuhtivad robotsõidukid on digikaksiku kaudu hallatavad. Välja on töötatud tehisintellekti võimalusi kasutav ning mitmekriteeriumilisele otsustusvõimalustele tuginev robotiseeritud töökohta kavandamise lahendus (meetodika), mis arvestab ettevõtte tootmise vajadusi ning tagab tulemusliku töö planeeritud tootmissüsteemis. Välja töötatud meetodika on üles ehitatud erinevatele otsustus algoritmidele ning on rekurseeriv erinevate sammude vahel. Otsustumeetoditena on kasutatud peamiselt kaalutud keskmise meetodit, erinevates variatsioonides analüütilist hierarhilist otsustusprotsessi ning on kaasatud tehisnärvivõrkudel põhinevad otsustumudeleid.

Overview of the competencies of the research group: production digitalisation, virtualisation, simulation, development of digital twins, reconfiguring manufacturing from conventional machining technologies to 3D related.

It has been developed simulation environment in virtual reality based on the principles of Industry 4.0. Exploiting the digital twin's concept, a new communication method has been developed where industrial robot control programming does not depend on the human presence. Dual-way synchronisation based on the example of the industrial robotic cell enables management and control of the factory from the simulation in real-time. The corresponding application works from different smart platforms and new robot systems, including self-driving robotic vehicles, can be managed via a digital twin.

A robotic workplace design solution (methodology) was developed using the possibilities of artificial intelligence and based on multi-criteria decision possibilities, which take into account the company's production needs and ensures successful output from the planned production system. The developed methodology is built on different decision algorithms and is recursive between steps. The decision-making methods mainly used are a weighted sum method, different analytical hierarchical decision-making methods, and decision models based on artificial neural networks. These listed methods have been integrated into a knowledge based system, the raw data collected from implemented robot-based production cells, experimental tests or based on simulations.

Teadustegevuste tulemused

Olulisemad projektid:

- H2020 projekt "Innovatsiooni edendamine kiirenditeaduses ja -tehnoloogias" (i.Fast) (1.05.2021–30.04.2025)
- Teaduse teekaardi projekt "Nutika tootmise tuumiktaristu" (SmartIC) (1.01.2021–31.12.2024)
- VERT21022 VERT21015 "Digitaalse insenerihariduse virtuaalsed laborid" (1.07.2021–28.02.2023)
- VERT21015 "Veebipõhine õpe mehaanikainsenerile" (1.03.2021–28.02.2023)
- VERT18042 "Virtuaalse õppiva tehase tööriistade arendus" (VLFT) (1.9.2018-31.08.2021)
- VERT20063 "Kompetentsiarendus tööstusliku asjade interneti koostöövõrgustikus " (01.09.2020-31.08.2023)
- H2020 projekt „DIH-de kasutuselevõtu ja küpsuse kiirendamine Euroopa VKEdes digitaliseerimiseks“ (1.07.2020-30.6.2023)
- VERT18066 "Tööstus 4.0 tulevikuvajadustele vastavate haridusprogrammide arendus" (TEFFIC) (1.09.2018–30.08.2021)

Olulisemad teadusartiklid:

- Guerra-Zubiaga, D.; Kuts, V.; Mahmood, K.; Bondar, A.; Nasajpour-Esfahani, N.; Otto, T. (2021). An approach to develop a digital twin for industry 4.0 systems: manufacturing automation case studies. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 34 (9), 933–949. DOI: 10.1080/0951192X.2021.1946857.
- Mahmood, K.; Otto, T.; Kuts, V.; Terkaj, W.; Modoni, G. E.; Urgo, M.; Colombo, G.; Heidegger, G.; Kovacs, P.; Stahre, J. (2021). Advancement in production engineering education through Virtual Learning Factory Toolkit concept. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences*, 70 (4), 374–382. DOI: 10.3176/proc.2021.4.02.
- Pizzagalli, S. L.; Otto, T.; Kuts, V. (2021). User-centred design in industrial collaborative automated systems. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences*, 70 (4), 436–443. DOI: 10.3176/proc.2021.4.10.
- Vaher, K.; Mahmood, K.; Otto, T.; Riives, J. (2021). Simulation based feasibility analysis of autonomously movable robot arm. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences*, 70 (4), 422–428. DOI: 10.3176/proc.2021.4.08.
- Pizzagalli, S. L.; Kuts, V.; Otto, T. (2021). User-centered design for Human-Robot Collaboration systems. *IOP Conference Series Materials Science and Engineering*, 1140 (1), 012011. DOI: 10.1088/1757-899X/1140/1/012011.
- Mahmood, K.; Otto, T.; Kuts, V.; Terkaj, W.; Urgo, M.; Haidegger, G. (2021). Development of Virtual Learning Factory Toolkit for Production Engineering Education. *IOP Conference Series Materials Science and Engineering*, 1140 (1), #012039. DOI: 10.1088/1757-899X/1140/1/012039.
- Moor, M.; Vaher, K.; Riives, J.; Kangru, T.; Otto, T. (2021). Modern Robot Integrated Manufacturing Cell According to the Needs of Industry 4.0. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1140: Modern Materials and Manufacturing (MMM 2021), 27th-29th April 2021, Tallinn, Estonia. IOP Publishing, #012034. DOI: 10.1088/1757-899X/1140/1/012034.

Uurimisrühma liikmete osalus välisriikide akadeemiate ja/või muude oluliste TA&I-ga seotud välisorganisatsioonide töös 2020. aastal:

- Tauno Otto - Rahvusvahelise Inseneriakadeemia Kesk-Euroopa filiaali korrespondentliige
- Tauno Otto, Rahvusvaheline Tootmistehnika Akadeemia (CIRP) – kutsutud liige
- Tauno Otto - Euroopa Laiendatud Reaalsuse Assotsiatsiooni (EuroXR) juhatuse liige
- Tauno Otto – tehnoloogiaplatvormi ManuFuture High Level Group (ManuFuture HLG) nõukoja liige
- Tauno Otto - Horizon Europe avaliku ja erasektori partnerluse "Made in Europe" partnerlusnõukogu liige
- Vladimir Kuts – IEEE Eesti sektsiooni juhatuse aseesimees

Tegevusvaldkond

2.3 Mehaanika / masinaehitus/ Mechanical engineering

2.2 Elektrotehnika, elektroonika, infotehnika/ Electrical engineering, electronic engineering, information engineering

CERCS eriala

TEHNIKATEADUED/T125 Automatiseerimine, robotika, juhtimistehnika ja T130 Tootmistehnoloogia

Uurimisrühma seotus AAK prioriteetse suunaga

Targad ja energiatõhusad keskkonnad; Usaldusväärsed IT lahendused

Täiendav info

Uurimisrühma liikmete osalus välisriikide akadeemiate ja/või muude oluliste TA&I-ga seotud välisorganisatsioonide töös 2020. aastal:

- Tauno Otto - Rahvusvahelise Inseneriakadeemia Kesk-Euroopa filiaali korrespondentliige
- Tauno Otto - Euroopa Laiendatud Reaalsuse Assotsiatsiooni (EuroXR) juhatuse liige
- Vladimir Kuts – IEEE Eesti sektsiooni juhatuse aseesimees

Uurimisrühma senised rakendused ettevõtluses, majanduses, ühiskonnas

Tehnoloogia aitab inimestel naasta pärisellu. Ida-Tallinna Keskhaigla (ITK) on algatatud 3D prinditava skolioosi käevõru arendus koos Tartu Ülikooli ja Eesti Maaülikooliga, seda E-DIH AIRE võrgustikus. Koos Ida-Tallinna Keskhaigla (ITK) ja Haapsalu Neuroloogilise Rehabilitatsioonikeskusega (HNRK) algatati targa ortoosi projekt, partneriks lisaks ka Tartu Ülikool.

Lisako OÜ-ga on teostatud "Tootearendusprojekt: Virtuaalreaalsuse rakendamine kraana juhtimiseks", mis võimaldab kasutajal järelhaagis-kraanat distantsilt täielikult juhtida.

Koostöös ameerika teadlastega panustavad TalTechi insenerid nutikate simulatsioonide rahvusvaheliste standardite loomisse, et luua tööstuses ohutud automatiseeritud töökohad inimestele. Koostöö USA Riikliku Standardite ja Tehnoloogiate Instituudiga (NIST) keskendub digitaalse kaksikutele ning inimese ja roboti koostööle. Eesmärgiks on hinnata inimeste tegevust tööstuses robotite juures ning seejärel luua ohutud meetmed ning süsteemid masinate operaatorite jaoks.

Mehaanika ja tööstustehnika instituudis arendatud universaalsel tootmislogistika robotplatvormil Boxbot on lisaks füüsilisele robotile ka loodud selle digitaalne kaksik. Mobiilsete, tööstus- ja koostöörobotite digitaalseid kaksikuid juhtida võimaldab liitreaalsuse rakendustes, tahvelarvutis, nutiprillides või mobiilis operatiivselt tootmisinfot kuvada ning roboteid/robotplatvorme läbi digikaksikute tehnoloogia tootmisprotsessi katkestamata testida ja ümberhäälestada.

Algatus „Tööstus 4.0 ja digitaliseerimise potentsiaal Eestis“ on interdistsiplinaarne projekt Tallinna Tehnikaülikooli ärikorralduse instituudi ning mehaanika ja tööstustehnika instituudi vahel eesmärgiga analüüsida tööstuse digitaliseerimise praegust olukorda. Projektis kaardistatakse ettevõtete vajadused seoses muutunud digiühiskonna arenguga ja covid-mõjutustega; ministriumide ja kohalike omavalitsuste ootused, ning ülikoolide valmisolek muutusteks. Projekti meeskonda juhivad professor Tauno Otto ja professor Wolfgang Gerstlberger.

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

Technology helps people get back to real life. With East Tallinn Central Hospital (ITK) there is initiated development of 3D printable scoliosis bracelet altogether with University of Tartu and Estonian Life Sciences University in the network of E-DIH AIRE. With East Tallinn Central Hospital (ITK) and Haapsalu Neurological Rehabilitation Centre (HNRC) a smart orthosis project is prepared, altogether with University of Tartu.

With Lisako OÜ "Product development project: Application of virtual reality for the crane control" has been performed, allowing user to full control of small-scale crane from distance.

With U.S. National Institute of Standards and Technology (NIST), creation of the smart simulations standards is on the process. Expertise of TalTech is well-aligned with NIST's efforts toward developing repeatable and replicable test methods for human-robot interaction (HRI). Together, we verify and validate the test methodology and metrics for assessing performance and overall user experience, which will be integral to emerging robotic technologies in a variety of application domains. This is a first step in a larger effort to work with the robotics community to verify and validate HRI research.

For the universal production logistics robot platform Boxbot was created a digital twin in addition to the physical robot. A smart application that enables the control of digital twins in mobile, industrial and collaborative robots allows users to quickly display production information in augmented reality applications, tablets, smartphones or mobile, and test and reconfigure robots / robot platforms without interrupting the digital twin technology production process.

"Potential of Industry 4.0 and Digitalisation in Estonia" initiative is an internally funded, interdisciplinary project between Department of Business Administration and Department of Mechanical and Industrial Engineering of Tallinn University of Technology with the aim of starting joint research between different departments and other companies as well as increasing visibility in academic, policy-making and enterprise communities, both in Estonia as well as abroad. The project maps the needs of Estonian companies in relation to the development of the changed digital society and covid influences; the expectations of ministries and local governments, and the readiness of universities for change. The project team is led by Professor Tauno Otto (School of Engineering) and Professor Wolfgang Gerstlberger (School of Business and Governance)