

Mehaanika ja tööstustehnika instituut
Department of Mechanical and Industrial Engineering

Teadus- ja arendustegevuse aruanne

2020

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

Tallinn
2021

1. Struktuuriüksuse struktuur 2020. a

Mehaanika ja tööstustehnika instituut
Department of Mechanical and Industrial Engineering

Instituudi töötajate arv on 91, kellest vanemlektoreid 4, lektoreid 6, assistente 1, tenuuri-professoreid 7, professoreid 4, kaasatud professoreid 1, dotsente 1, doktorant-nooremteadureid 3, järel doktor-teadureid 3, nooremteadureid , teadureid 8, vanemteadureid 14, juhiabi 1, insenere 18, insener-tarkvaraarendaja 2, tarkvarainsenere 1, metroloogiainsenere 1, spetsialiste 2, õppeinfosüsteemi spetsialiste 1, projekti ja õppeinfosüsteemi spetsialiste 1, peaspetsialiste 3, täiendusõppe spetsialiste 2, ettevõtlusspetsialiste 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 uurimisgrupp/ Research Group of Logistics and Transport
- Nutika tootmise uurimisrühm/ Smart Industry Research Group

2. Uurimisrühmade tutvustus TalTech T&A 2020. aasta kogumiku koostamiseks

2.1. 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)

Tugipersonal: Tõnis Raamets (insener), 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 tootmisseadmete 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:

- F15027 "Tarkade tootmis- ja materjalitehnoloogiate arenduskeskus (1.09.2015–31.08.2019)", Kristo Karjust, Tallinna Tehnikaülikool, Mehaanikateaduskond, Mehaanika ja tööstustehnika instituut.
- VIR19004 "Innovatsiooni raamistik väljakutsetele orienteeritud intelligentsele tootmisele (INforM) (1.01.2019–1.07.2021)", Kristo Karjust, Tallinna Tehnikaülikool, Inseneriteaduskond, Mehaanika ja tööstustehnika instituut .
- KIK19019 "Tekstiilijätmete purustamistehnoloogia ja uudsete materjalide arendamine tekstiilijätmete väärimiseks 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 rakendusümbritse (1.09.2020–30.11.2021)", Kristo Karjust, Tallinna Tehnikaülikool, Inseneriteaduskond, Mehaanika ja tööstustehnika instituut .

Olulisemad teadusartiklid:

- Tsukrejev, P.; Kruuser, K.; Gorbachev, G.; Karjust, K.; Majak, J. (2020). Real-Time Monitoring of Solar Modules Manufacturing. *International Journal of Engineering Research in Africa*, 51, 9–13. DOI: 10.4028/www.scientific.net/JERA.51.9.
- Majak, J.; Shvartsman, B.; Ratas, M.; Bassir, D.; Pohlak, M.; Karjust, K.; Eerme, M. (2020). Higher-order Haar wavelet method for vibration analysis of nanobeams. *Materials Today Communications*, 25, #101290. DOI: 10.1016/j.mtcomm.2020.101290.
- Kangru, T.; Riives, J.; Otto, T.; Kuts, V.; Moor, M. (2020). Optimisation of decision-making process in industrial robot selection. *Journal of Machine Engineering*, 20 (1), 70–81. DOI: 10.36897/jme/117788.
- Vaher, K.; Otto, T.; Riives, J. (2020). Positioning error correction of autonomously movable robot arm. *Journal of Machine Engineering*, 20 (6), 152–160.

Tegevusvaldkond

2.3 Mehaanika / masinaehitus/ Mechanical engineering

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

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, Hyrles, Kulinaaria, Lotus Timber, 4Robotics jne.)

2.2. Autonomsete sõidukite uurimisrühm/ Autonomous Vehicles Research Group

Uurimisrühm

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, Andrus Pedai

Võtmesõnad

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

Uurimisrühma kompetents

Autonomsete süsteemide komplekse täislahenduse arendus ja uurimistöö, sh lokalisatsioon ja navigatsioon, missiooni planeerimine, sensorika, tehisintellekt, elektromehaanika, juhtimine, simulatsioonid ja masinõõgemine.

Nimetatud temaatika rakendatakse täismõõdus isejuhtivate sõidukite, mobiilsete robotite, tööstuslike logistikarobotite ja droonide 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:

- Sell, Raivo; Leier, Mairo; Rassõlkin, Anton; Ernits, Juhan-Peep (2020). Autonomous Last Mile Shuttle ISEAUTO for Education and Research. International Journal of Artificial Intelligence and Machine Learning, 10 (1), 18–30. DOI: 10.4018/IJAIML.2020010102.

- Wang, R.; Sell, R.; Rassõlkin, A.; Otto, T.; Malayjerdi, E. (2020). Intelligent Functions Development on Autonomous Electric Vehicle Platform. Journal of Machine Engineering, 20 (2), 114–125. DOI: 10.36897/jme/117787.
- Razdan, R.; Sell, R.; Tino, C.; Schmidt, B.; Akbas, M.; Cherian, J.; Boer, N. (2020). Unsettled Topics Concerning Autonomous Public Transportation Systems. SAE Technical Paper Series.
- Ford, K.; Sell, R.; Mason, J.; Ranka, S.; Reimer, B.; Tang, K. (2020). Unsettled Topics Concerning Human and Autonomous Vehicle Interaction. SAE Technical Papers.
- Udal, Andres; Jürise, Martin; Kaugerand, Jaanus; Sell, Raivo (2020). COMSPECT: A compact model for green vegetation reflection spectra in 400-900 nm wavelength range. Proceedings of the Estonian Academy of Sciences, 69 (4), 277–286. DOI: 10.3176/proc.2020.4.01.

Teadustegevuste tulemused

Eesti esimene isejuhtiv sõiduk – ISEAUTO; iot-open.eu Õppematerjal, raamat, kauglaborid

Tegevusvaldkond

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

2.3 Mehaanika / masinaehitus / Mechanical Engineering

Uurimisrühma seotus AAK prioriteetse suunaga

Targad ja energiatõhusad keskkonnad; Usaldusväärsed IT lahendused

Täiendav info

uurimisrühma liikmete riiklikul ja rahvusvahelisel tasemel olulised tunnustused

- Raivo Sell – robotika valdkonna pikaajaline eestvedaja ja populariseerija Eestis riiklikult tunnustatud teaduse populariseerimise peaahind (Eesti Teaduste akadeemia)

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

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

Uurimisrühm

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, Kõrgtemperatuursed 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) kõrgtemperatuursed tribo-komposiidid, (c) keraamika- baasil pulbrid selektiivseks laserpaagutamiseks (SLS) kihtlisandustehnoloogias sealhulgas gradientstruktureeritud pulbrid ja komposiitpulbrid keraamika-põhiste komposiitide selektiivseks laserpaagutamiseks; iselevikõrgtemperatuursüntees (SHS); mehaaniline legeerimine; 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.

The 2 years' outcomes:

- Method for producing nanofibers composites by combustion techniques; Method for producing rhombohedral FeAlO₃ nanofibers; Catalyst, method of producing thereof for oxidative conversion of hydrocarbons and hydrogenation of carbon oxides
- Self-aligned graphene-augmented fibrous scaffolds for bio-applications;
- Functionally graded mechanical properties, electro- and thermo-conductivity in ceramics; Composite shielding material and process;
- Combustion synthesis of Si₃N₄, MoSi₂ and TiB₂ based complex structures and SLS thereof; Application of high-temperature self-propagating synthesis (SHS) for production of "pomegranate-like" structured composite powders for AM;
- Deposition of nanoparticles on mesoporous substrate by wet-combustion technology;
- Highly selective sensors for simultaneous determination of epinephrine, acetaminophen and tryptophan; and dopamine, uric and ascorbic acids;
- Novel approach to fabricate nitrides by SLM; SLM of TiB-based ceramic matrix composites; SLM of bio-inspired TiB₂-TiB-TiN ceramic lattices;
- Spark plasma sintering of ultra-high temperature materials;
- Hierarchically structured ceramics reinforced by hybrid nanofibers;
- Microwave synthesis of B₄C nanopowders and their successful spark plasma sintering;
- Design and fabrication of novel bio-inspired silicon-wollastonite and silicon – bioactive glass scaffolds for bone tissue engineering;
- Manufacturing of Mo(Si_{1-x},Al_x)₂ – based composite by reactive laser powder bed fusion; Production of MoSi₂- Al and AlSi₁₀Mg composites through selective laser melting.

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)
- Mobilitas+ MOBJD254 "Development of novel core-shell structured luminescent materials". (Archimedes, 2018–2020)
- PUT1063 „Nanonet of ceramic fibers with targeted functionalities“ (Estonian Science Foundation, Personal grant to I. Hussainova, PUT 1063, 2016 – 2019)
- IUT19-29, "Multi-scale structured ceramic-based composites for extreme applications" (Targeted financing of Estonian Ministry of Education and Research, IUT19-29, 2014-2019)
- Mobilitas+ MOBJD166 "Combustion synthesized new materials for additive manufacturing" (2017 – 2019)

Olulisemad teadusartiklid:

- Gasik, Michael; Ivanov, Roman; Kazantseva, Jekaterina; Bilotsky, Yevgen; Hussainova, Irina (2020). Biomechanical Features of Graphene-Augmented Inorganic Nanofibrous Scaffolds and Their Physical Interaction with Viruses. *Materials*, 14 (1), 164. DOI: 10.3390/ma14010164
- Rojas-Hernandez, Rocio E., Rubio-Marcos, Fernando; Gorni, Giulio; Marini, Carlo; Danilson, Mati; Pascual, Laura; Uhida Ichikawa, Rodrigo; Hussainova, Irina; Fernandez, Jose Francisco. Enhancing NIR Emission in ZnAl₂O₄:Nd,Ce Nanofibers by Energy Transfer from Ce to Nd: a Promising Biomarker Material with a Low Cytotoxicity. *Materials Chemistry C*, 2020, DOI: <https://doi.org/10.1039/D0TC04752J>
- Minasyan, T., Aydinyan, S., Toyserkani, E., Hussainova, I. Parametric Study on In Situ Laser Powder Bed Fusion of Mo(Si_{1-x},Al_x)₂. *Materials*, 2020, 13, 4849; doi:10.3390/ma13214849
- Minasyan, T., Aydinyan, S., Liu, L., Volobujeva, O., Toyserkani, E., Hussainova, I. Mo(Si_{1-x},Al_x)₂-based composite by reactive laser powder-bed fusion. *Materials Letters*, 2020, 281, 128776; <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2020.128776>
- Minasyan, T., Aydinyan, S., Toyserkani, E., Hussainova, I. In Situ Mo(Si,Al)₂-Based Composite through Selective Laser Melting of a MoSi₂-30 wt.% AlSi10Mg mixture. *Materials*, 2020, 13, 3720. Doi: <https://doi.org/10.3390/ma13173720>
- Rodrigo-Vázquez, C. Sara; Kamboj, Nikhil; Aghayan, Marina; Sáeza, Ada , De Aza, Antonio H.; Rodríguez, Miguel A.; Hussainova, I. Manufacturing of silicon – Bioactive glass scaffolds by selective laser melting for bone tissue engineering. *Ceramics International*, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2020.07.171>
- Kamboj, N.; Kazantseva, J.; Rahmani, R.; Rodriguez, M.A.; Hussainova, I. Selective laser sintered bio-inspired silicon-wollastonite scaffolds for bone tissue engineering. *Materials Science & Engineering C*, 2020, 116, 111223; doi: <https://doi.org/10.1016/j.msec.2020.111223>
- Saffar Shamshirgar, A.; Rojas-Hernandez, Rocio E.; Tewari, G.; Ivanov, R.; Mikli, V.; Karppinen, M.; Hussainova, I. Multi-Functional Layered Structure of Alumina/Graphene-Augmented-Nanofibers with Directional Conductivity. *Carbon*, 2020, 167, 634-645; doi: <https://doi.org/10.1016/j.carbon.2020.06.038>
- Hussainova, I.; Saffar Shamshirgar, A.; Ivanov, R.; Volobujeva, O.; Romanov, A.E.; Gasik, M. Directional conductivity in layered alumina. *Current Applied Physics*, 2020; DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cap.2020.06.009>
- Liu, L., Minasyan, T., Kamboj, N., Aydinyan, S., Hussainova, I. Bio-inspired TiB₂-TiB-TiN lattices by selective laser melting. *Materials Letters*, 2020, 277, 128337; doi: <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2020.128337>

Tegevusvaldkond

2.5 Materjalitehnika / Materials engineering;

2.10 Nanotehnoloogia / Nano-technology

Uurimisrühma seotus AAK prioriteetse suunaga

Targad ja energiatõhusad keskkonnad; Keskkonnaressursside vääristamine

Täiendav info

2.4. Kihtlisandustehnoloogiate uurimisrühm/ Advanced Manufacturing Technologies Research Group

Uurimisrühm

Kihtlisandustehnoloogiate uurimisrühm
Additive Manufacturing Technologies Research Group

Uurimisrühma juht

Prashanth Konda Gokuldoss, Kihtlisandustootmise 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)

Doktorandid: Navid Alinejadian, Javad Karimi

Külalisdoktorandid: Salini Singh, Lanka Dinesh, Jayashree Narayanan, Jagadeesh Baskaran

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 kihtlisandustootmisele
- (2) Kihtlisandustootmise teel valmistatud materjalide enneaegne purunemine
- (3) Kõrgentroopsed pulbermetallurgilised sulamid ekstreemsetele keskkondadele
- (4) Kihtlisandustehnoloogia 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

- MOBERC15 "Sulamite arendus kihtlisandustehnoloogiale (1.10.2018–31.03.2020)", Prashanth Konda Gokuldoss, Tallinna Tehnikaülikool.

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.
- Singh, N.; Hameed, P.; Ummethala, R.; Manivasagam, G.; Prashanth, K. G.; Eckert, J. (2020). Selective laser manufacturing of Ti-based alloys and composites: impact of process parameters, application trends, and future prospects. *Materials Today Advances*, 8, #100097. DOI: 10.1016/j.mtadv.2020.100097.
- Wang, Z.; Xie, M.; Li, Y.; Zhang, W.; Yang, C.; Kollo, L.; Eckert, J.; Prashanth, K. G. (2020). Premature failure of an additively manufactured material. *NPG Asia Materials*, 12 (1). DOI: 10.1038/s41427-020-0212-0.
- Ummethala, R.; Karamched, P. S.; Rathinavelu, S.; Singh, N.; Aggarwal, A.; Sun, K.; Ivanov, E.; Kollo, L.; Okulov, I.; Eckert, J.; Prashanth, K. G. (2020). Selective laser melting of high-strength, low-modulus Ti–35Nb–7Zr–5Ta alloy. *Materialia*, 14, #100941. DOI: 10.1016/j.mtla.2020.100941.
- 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

Uurimisrühma seotus AAK prioriteetse suunaga

Targad ja energiatõhusad keskkonnad; Keskkonnaressursside vääristamine;

Täiendav info

Autasud / auhinnad:

1. S.K. Tamotia auhind alumiiniumi metallurgia teemal – välja antud Prof Prashanth Konda Gokuldossile Indian Institute of Metals ülikooli poolt kuupäeval 05.08.2020.
2. Tunnustatud kihtlisandustehnoloogia teadlane – 2020. aasta, mille tunnustas Rahvusvahelise Teadusnõukoda auhinnaga Rahvusvaheline Teadusjuhtimine

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.

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

Uurimisrühm

Kulumiskindlate komposiitide 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), Fjodor Sergejev (professor), Andrei Surženkov (teadur), Priit Kulu (emeritprofessor/), Vitali Podgurski (vanemteadur), Mart Saarna (vanemlektor), Andrei Bogatov (insener)
Doktorandid: Mart Kolnes, Dmytro Tkachivskyy, Alamgir Shaikh, Vahur Leinberg
Tugipersonal: Rainer Traksmäe, Hans Vallner, Heinar Vagiström

Võtmesõnad

keraamika-baasil komposiitmaterjal, kõvasulam, kermis, keraamikamaatrikskomposiit, pinne, komposiitpinne, in-situ süntees, kulumiskindlus, korrosioonikindlus, 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:

- IUT 19-29 „Mitmeastmeliselt struktureeritud keraamika-baasil komposiitmaterjalid kasutamiseks ekstreemtingimustes“ (ETAg uurimistoetus, 2014 – 2019).
- VE 19020 „Värviliste keraamikamaatrikskomposiitide arendus rakendusteks kella- ja juveelitööstuses (The Swatch Group R&D Ltd, 2019).
- LEMEV 20091 „Värvilised keraamikamaatrikskomposiidid kella- ja juveelitööstuses: materjalide ja tootmistehnoloogiate arendus“ (The Swatch Group R&D Ltd, 2020 – 2021).
- PUT 1369 „ Teemantpinnete adaptioonimehhanismid kuiv hõõrdekulumisel.“ (ETAg personaalne uurimistoetus, 2017- 2020).

- PRG665 „Komposiitmaterjalid „keraamika- Fe sulam“ kasutamiseks tingimuste laias diapasoonis“ (ETAg rühmagrant, 2020).

Olulisemad teadusartiklid:

- Jakob Kübarsepp, Kristjan Juhani. Cermets with Fe-alloy binders :A review. International Journal of Refractory Metals & Hard Materials, 92 (2020) 105290 (<https://doi.org/10.1016/j.ijrmhm.2020.105290>).
- Tkachivskyi, D., Juhani, K., Surženkov, A., Kulu, P., Tesar, T., Mušalek,, R., Lukac, F., Antoš, J., Vostrak, M., Antonov, M., Goljandin, D. HVOF sprayed Fe-based wear-resistant coatings with carbide reinforcement, synthesized in situ and by mechanically activated synthesis. Coatings 10(11) (2020). (doi: 10.3390/coatings10111092).

Peamised teadustulemused: 1)Co- ja Ni-vabade komposiitide WC-FeMn ja TiC-FeCrMn tehnoloogia; 2)TiN- ja TiCN- baasil keraamikamaatrikskomposiitide tehnoloogia; 3)teemantpinnete talitusomaduste parendamine rakendusteks laias temperatuurivahemikus; 4) uudsete Cr₃C₂ – Ni ja TiC-NiMo komposiitarmatuuriga kõvapinnete pealesulatustehnoloogia.

Outstanding research results: 1) industrial technology for production of Co- and Ni-free WC-FeMn and TiC-FeCrMn ceramic-metal composites; 2) industrial technology for production of TiN- and TiCN-based ceramic-matrix composites; 3) advancement of performance of diamond coatings for a wide range of application conditions; 4)advanced technology for deposition of hardfacings with novel Cr₃C₂-Ni and TiC-NiMo reinforcement.

Tegevusvaldkond

2.5 Materjalitehnika/ *Materials engineering*

Uurimisrühma seotus AAK prioriteetse suunaga

Keskkonnaressursside vääristamine; Targad ja energiatõhusad keskkonnad

Täiendav info

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

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

Uurimisrühm

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 Märn (professor), Meelis Pohlak (vanemteadur), Fabio Auriemma (vanemteadur), Hans Rämmal (dotsent), Maarjus Kirs (teadur), Tarmo Velsker (insener), Ruth Helene Melioranski (insener), Janno Nõu (insener).

Doktorandid: Madis Mikola, 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

Uurimisrühmal on pikaajaline kogemus traditsiooniliste gradiendipõhiste ja evolutsiooniliste optimeerimis-meetodite (GA, HGA, PSO, ACO) arendamise ja rakendamise valdkonnas, samuti tootmisprotsesside optimeerimise valdkonnas. Viimastel aastatel on üheks põhisuunaks tehisintellekti vahendite rakendamine konstruktsioonide/protsesside modelleerimiseks (ANN) ja optimeerimiseks (EA, GA, ACO, PSO). Aktuaalseteks probleemideks on hübriidmeetodite arendus ja tehisintellekti tööriistade kombineeritud kasutamine algoritmides (ANN+EA). Üheks alamteemaks on uute numbriliste meetodite arendus fookusega Haari lainikutel 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 research group has long time experience in area of structural analysis and design optimization, also design of production processes. One main topic in recent years is implementation of Artificial intelligence (AI) tools and methods in modelling and design optimization (EA, GA, ACO, PSO). Actual topic is development of hybrid algorithms (ANN+EA) and combining multiple AI tools. One subtopic

is development and adaption 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.
- VIR19004 "Innovatsiooni raamistik väljakutsetele orienteeritud intelligentsele tootmisele (INforM) (1.01.2019–1.07.2021)", Kristo Karjust, 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.
- KIK19019 "Tekstiilijätmete purustamistehnoloogia ja uudsete materjalide arendamine tekstiilijätmete väärindamiseks ning ringmajanduse toetamiseks (1.07.2019–21.06.2021)", Tiina Mäe, Tallinna Tehnikaülikool, Inseneriteaduskond, Mehaanika ja tööstustehnika instituut .

Olulisemad teadusartiklid:

- Majak, J.; Shvartsman, B.; Ratas, M.; Bassir, D.; Pohlak, M.; Karjust, K.; Eerme, M. (2020). Higher-order Haar wavelet method for vibration analysis of nanobeams. *Materials Today Communications*, 25, #101290. DOI: 10.1016/j.mtcomm.2020.101290.
- Tsukrejev, P.; Kruuser, K.; Gorbachev, G.; Karjust, K.; Majak, J. (2020). Real-Time Monitoring of Solar Modules Manufacturing. *International Journal of Engineering Research in Africa*, 51, 9–13. DOI: 10.4028/www.scientific.net/JERA.51.9.
- Auriemma, F.; Giulio, E. Di; Napolitano, M.; Dragonetti, R. (2020). Porous Cores in Small Thermoacoustic Devices for Building Applications. *Energies*, 13 (11), #2941. DOI: 10.3390/en13112941.
- Lavrentjev, J.; Rämmal, H. (2020). Experimental study of noise barrier boards with increased acoustic performance by utilizing Helmholtz resonator effects. *Materials Today Proceedings*. DOI: 10.1016/j.matpr.2020.05.402.
- Rämmal, H.; Lavrentjev, J. (2020). Acoustic study of novel eco-friendly material for vehicle NVH applications. *Materials Today Proceedings*. DOI: 10.1016/j.matpr.2020.04.632.

Tegevusvaldkond

1.2 Arvutiteadus ja informaatika / Computer and information sciences

2.3 Mehaanika / masinaehitus / Mechanical engineering

Uurimisrühma seotus AAK prioriteetse suunaga

Keskonnaressursside väärastamine; 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 määramine on aastal 2020 teostatud järgmistele tootmisettevõtetele: Wallenium AS, Structo AS, OKproducts, ETS Nord AS, Saku Metall AS.

Uute akustiliste materjalide väljatöötamine ettevõtetele: Plaat Detail OÜ, Studio89 OÜ, Wunk OÜ, SIA Brīze-M (Läti).

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

Uurimisrühm

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, Imre Antso, Juri Ess, Allan Nõmmik, Eva Branten, Kaur Sarv, Raul Markus, Erko Vallbaum

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. Rakendusuuringutasemel 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 -järelevalve.
- 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:

- "Liikuvuse digitaliseerimine ohtlike kaupade veoks (1.03.2018–31.03.2020)", Jelizaveta Janno, OC-2018-1-22817 . Mobility digitalization for the transport of dangerous goods. MobiDit
- „Rapla maakonna kohaliku omavalitsuse üksuste ühise liikuvusuuringu läbiviimine (15.09.2020–30.04.2021)", Jelizaveta Janno, Tallinna Tehnikaülikool, Inseneriteaduskond, Mehaanika ja tööstustehnika instituut . LEMAE20089
- AR17119 "Infotehnoloogiline mobiilsusobservatoorium (1.01.2017–31.08.2022)", Dago Antov, Tallinna Tehnikaülikool, Infotehnoloogia teaduskond, Tarkvarateaduse instituut, Tallinna Tehnikaülikool, Inseneriteaduskond, Mehaanika ja tööstustehnika instituut , Tallinna Tehnikaülikool, Majandusteaduskond, Ragnar Nurkse innovatsiooni ja valitsemise instituut
- VFP19031 (856602) "FINEST TWINS: Targa linna tippkeskuse loomine (1.12.2019–30.11.2026)", Ralf-Martin Soe, Tallinna Tehnikaülikool, Targa linna tippkeskus, Tallinna Tehnikaülikool, Inseneriteaduskond, Mehaanika ja tööstustehnika instituut , Tallinna Tehnikaülikool, Inseneriteaduskond, Ehituse ja arhitektuuri instituut, Tallinna Tehnikaülikool, Inseneriteaduskond, Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut, Tallinna Tehnikaülikool, Majandusteaduskond, Ragnar Nurkse innovatsiooni ja valitsemise instituut .
- VIR17131 "RTF - intermodaalne reaalajas liikluse jälgimise süsteem (1.09.2017–31.08.2020)", Dan Heering, Tallinna Tehnikaülikool, Eesti Mereakadeemia, Tallinna Tehnikaülikool, Inseneriteaduskond, Mehaanika ja tööstustehnika instituut .

Olulisemad teadusartiklid:

- Nõmmik, A.; Antov, D. (2020). European Regional Airport: Factors Influencing Efficiency. Transport and Telecommunication Journal, 21 (3), 211–220. DOI: 10.2478/ttj-2020-0017.

- Tuvikene, Tauri; Rehema, Merlin; Antov, Dago. (2020). Ligipääsetavuse muutused autostunud Eestis. Helen Sooväli-Sepping (Toim.). Inimarengu Aruanne 2019/2020 (66–77). Eesti Koostöö Kogu: Eesti Koostöö Kogu.
- Janno, J.; Koppel, O. (2020). Occupational Qualification Standard for Truck Drivers as a Risk Management Tool in Road Transportation of Dangerous Goods. ICL2020 Proceedings: 23st International Conference on Interactive Collaborative Learning (ICL2020). Ed. T. Rüttemann. Springer International Publishing AG. (Advances in Intelligent Systems and Computing).
- Uukkivi, R.; Koppel, O. (2020). Assessment of the economic regulation of network industries: oil shale value chain in Estonia. Oil Shale, 37 (2), 158–176. DOI: 10.3176/oil.2020.2.05.

Tegevusvaldkond

2.1 Ehitusteadused/ Civil Engineering

Uurimisrühma seotus AAK prioriteetse suunaga

Targad ja energiatõhusad keskkonnad; Keskkonnaressursside vääristamine

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.

2.8. Nutika tootmise uurimisrühm/ Smart Industry Research Group

Uurimisrühm:

*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

On välja arendatud simulatsioonikeskkond tehisreaalsuses Tööstus 4.0 põhimõtetest lähtuvalt. Tulemuseks arendasid uurimisgrupi teadlased välja täiesti uue mudeli, kus tekitatakse digikaksik vahelihina 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 tehas simulatsioonikeskkonnast reaajas. 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 töökoha 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 tehiskäitajate võrkudel põhinevad otsustusmudeleid.

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 "Strateegilised investeeringud Euroopa tootmises globaalsete väljakutsete võitmiseks" (Manufuture 2017) (2016-2018)*
- *AR16077 "Nutika tootmise tuumiktaristu (1.01.2017–30.06.2019)", teaduse teekaardi projekt*
- *VERT18066 Tööstus 4.0 arengutele vastavate tulevikuprogrammide arendus - TEFFIC (1.9.2018- 31.08.2021)*
- *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)*
- *VFP21010 H2020 projekt „DIH-World - DIH-de kasutuselevõtu ja küpsuse kiirendamine Euroopa VKEde digiteerimise huvides“ (1.07.2020-30.6.2023)*

Olulisemad teadusartiklid:

- Kangru, T.; Riives, J.; Otto, T.; Kuts, V.; Moor, M. (2020). Optimisation of decision-making process in industrial robot selection. *Journal of Machine Engineering*, 20 (1), 70–81. DOI: 10.36897/jme/117788.
- Kuts, V.; Cherezova, N.; Sarkans, M.; Otto, T. (2020). Digital Twin: industrial robot kinematic model integration to the virtual reality environment. *Journal of Machine Engineering*, 20 (2), 53–64. DOI: 10.36897/jme/120182.
- Vaher, K.; Otto, T.; Riives, J. (2020). Positioning error correction of autonomously movable robot arm. *Journal of Machine Engineering*, 20 (6), 152–160.
- Kuts, V.; Otto, T.; Bondarenko, Y.; Yu, F. (2020). Digital Twin: Collaborative Virtual Reality Environment for Multi-Purpose Industrial Applications. ASME 2020 International Mechanical Engineering Congress and Exposition, November 16-19, 2020, Portland, OR, USA. ASME. Proceedings of the ASME 2020 International Mechanical Engineering Congress and Exposition IMECE2020.

Tegevusvaldkond

2.3 Mehaanika / masinaehitus/ Mechanical engineering

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

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

Ida-Tallinna Keskhaigla kasutab koostöös TalTechiga taastusravis virtuaalreaalsust, et inimesi aidata ja treenida pärast tõsise haiguse põdemist uuesti hakkama saama igapäevaste toimingutega. Eesmärk on aidata ägeda haiguse, näiteks insuldi, läbi põdenud inimestel naasta igapäevaellu veelgi efektiivsemalt ja saada ise oma eluga nii hästi hakkama kui võimalik. Virtuaalses supermarketis saab insuldi-järgselt hinnata nii patsientide taastumist kui ka taasharjutada teda kaupluses sisseoste tegema. Uudne lähenemine taastusraviks sai võimalikuks tänu TalTechi, ITK ning Itaalia Teadusnõukogu instituudi STIIMA-CNR koostööle.

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 (versioonid 1.0 2019 ja 2.0 2020) on lisaks füüsilisele robotile ka loodud selle **digitaalne kaksik**. Mobiilsete, tööstus- ja koostöörobotite digitaalseid kaksikuid juhtida võimaldav nutirakendus 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; ministeeriumide ja kohalike omavalitsuste ootused, ning ülikoolide valmisolek muutusteks. Projekti meeskonda juhivad professor Tauno Otto ja professor Wolfgang Gerstlberger.

Participation of the research group members in the activities of international R&D organizations, membership of foreign academies in 2020.

- Tauno Otto, International Academy of Engineering - Central European Branch - corresponding member
- Tauno Otto - Member of Executive Committee of European Association for Extended Reality (EuroXR)
- Vladimir Kuts – Vice-Chair of IEEE Estonia Section Board

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

Virtuality helps people get back to real life. At **East Tallinn Central Hospital (ITK)**, people suffering from serious illnesses are reintegrating into an everyday rhythm through virtual reality. For example, a virtual supermarket can evaluate patients' recovery as well as practice in-store

shopping. An innovative approach to rehabilitation was made possible by the collaboration with TalTech, ITK, and STIIMA-CNR, Institute of the Italian National Research Council.

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 (versions 1.0 2019 and 2.0 2020) 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)