

Tartu Ülikooli senatile

Esildis ja põhjendus akadeemikukandidaadi Meelis Kulli esitamiseks tehisaru valdkonnas

Arvutiteaduse instituut teeb ettepaneku Tartu Ülikooli senatile esitada Eesti Teaduste Akadeemia liikmekandidaadiks tehisaru alal tehisintellekti professor **Meelis Kulli**.

Meelis Kull on Tartu Ülikooli tehisintellekti professor ja Eesti tehisintellekti tippkeskuse juht. Ta on ühena kahest Eesti teadlasest Euroopa tehisintellekti tippteaduse võrgustiku ELLIS liige, kus liikmelisuse kriteeriumiks on regulaarne publitseerimine tehisintellekti valdkonnas maailma tippkonverentsidel ja tippajakirjades.

Meelis Kulli teadustööd on rahvusvaheliselt tunnustatud parima artikli auhindadega Euroopa masinõppe konverentsil ECML PKDD 2014 ja Euroopa tehisintellekti konverentsil ECAI 2024. Ta on Euroopa tehisintellekti teadlaskonna aktiivne liige ja aastal 2024 usaldati talle Euroopa kõrgeima tasemega masinõppe konverentsi ECML PKDD 2024 programmijuhi roll. Lisaks teaduslikule tööle ja tudengite õpetamisele on ta koolitanud ka ettevõtteid tehisaru teemal. Ta on Teaduste Akadeemia tehisaru ja aju komisjoni liige ning 2024-2025 aastal oli ta Teaduste Akadeemia tehisintellekti uurija-professor. Meelis Kull on ühiskondlikult aktiivne ja on võtnud sõna tehisaru kasutamise teemal nii televisioonis, raadios, kui kirjutavas meedias.

Kandidaadi andmed

Sündinud 21. veebruaril 1980

https://www.etis.ee/CV/Meelis_Kull/est/

1. Teadustöö

Professor Meelis Kulli uurimistöö keskmes on usaldusväärse tehisaru alused: määramatuse modelleerimine, ennustuste kalibreerimine ja mudeli pädevuspiirkonnast väljumise tuvastamine. Tema arendatud meetodid mõõdavad mudeli veahinnangute usaldusväärsust ning teevad otsustajale nähtavaks, millal on süsteemi vastus põhjendatult kindel ja millal tuleks toimida ettevaatusega. Ta on loonud meetodeid nii juhuks kui rakenduskontekst on treeningandmetele lähedane, kui ka olukorraks, mil tuleb tuvastada mudeli harjumuspärasest pädevuspiirkonnast väljumine ja teostada uue olukorraga kohanemine.

Tema teadustöö üks eesmärke on kalibreerimine, mis viib mudeli tõenäosusliku väljund statistiliselt kooskõlla tegeliku maailma sagedustega. Kull on arendanud välja

kalibreerimismeetodid beeta-kalibreerimine ja Dirichlet'-kalibreerimine ning analüüsinud nende teoreetilisi omadusi. Ta on uurinud võimalusi närvivõrkude treenimiseks kasutatavate kaofunktsioonide paremaks valimiseks vastavalt rakendusvaldkonnale ning vajadusel mudeli ennustuste ümberskaleerimiseks. Kulli töö tulemuseks on uued arusaamad ja praktilised meetodid masinõppel põhineva usaldusväärse tehisaru treenimiseks ja rakendamiseks riskitundlikes rakendustes.

Prof. Kulli teadustööd on ilmunud A- ja A*-kategooria konverentsidel (nt ICML, NeurIPS, AISTATS, ECML PKDD, ECAI) ja kvaliteetajakirjades (nt Machine Learning). Tema tööd on pälvinud ECML PKDD 2014 parima artikli ning ECAI 2024 väljapaistva artikli auhinna. Kull on Euroopa tehisintellekti tippvõrgustiku ELLIS liige, ajakirja Machine Learning toimetuskolleegiumi liige ning valdkonna juht (*area chair*) konverentsidel NeurIPS ja ICML. Ta oli Euroopa masinõppe konverentsi ECML PKDD 2024 programmijuht (*program chair*).

Ta on olnud kutsutud ettekandja (*keynote speaker*) rahvusvahelistel teaduskonverentsidel International Workshop on Uncertainty in Machine Learning (Ghent 2020 ja München 2024) ning 3rd Workshop on Uncertainty Reasoning and Quantification in Decision Making (KDD 2024, Barcelona). Lisaks on ta oma teadustöö teemal teinud kutsutud ettekande ettevõttele Booking.com (aastal 2021).

2. Ühiskondlik tegevus

Professor Meelis Kull peab oluliseks, et teadlased osaleksid aktiivselt, ent tasakaalustatult tehisaruga seonduvate ühiskondlike protsesside teaduspõhisel suunamisel. Oma ühiskondliku tegevusega seisab ta selle eest, et riik, ettevõtted ja inimesed teadvustaksid nii tehisaru võimalusi kui riske ning võtaks tehisaru kasutusele seal kus mõistlik. Eesti tehisintellekti tippkeskuse juhina edendab ta seda teadusvaldkonda Eestis, aidates laiendada rahvusvahelist haaret, arendada koostööd riigi ja ettevõtetega ning suurendada järelkasvu populariseerimise, õpetamise ja talentide toetamise kaudu. Prof. Kulli ühiskondliku tegevuse kokkuvõte on järgnev.

Tehisaru võimaluste ja riskide tutvustamine ühiskonnale ning otsustusprotsessides osalemine

Kull on osalenud regulaarselt tehisaru-teemalises avalikus arutelus, selgitades nii võimalusi kui ka riske ning suunates ühiskonda tehisaru kasutama seal, kus mõistlik. Ta on esinenud korduvalt nii televisioonis (TV3, ETV) kui ka raadios (KUKU, Vikerraadio), kus on tutvustanud enda ja teiste Eesti tehisintellekti teadlaste tööd ning rääkinud tehisaru võimetest ja piirangutest. Kirjutavas meedias on ta andnud pikemaid intervjuusid ja avaldanud tekste sellistes suuremates väljaannetes nagu ERR Novaator, Postimees, Delfi Forte, Äripäev ja Horisont. Läbivaks teemaks on olnud see, kuidas uusi võimalusi kasutada

vastutustundlikult ning milliseid samme on mõistlik astuda hariduses ja tööstuses, et tehnoloogia looks lisaväärtust ning toetaks Eesti igakülgset arengut.

Poliitikakujundajate suunal on Kull andnud sisendit nii aruteludel Riigikogu liikmetega kui ka ministeeriumide ja riigiasutuste esindajatega. Ta on esinenud kahel Riigikogu konverentsisaalis toimunud arutelul ning osalenud tehisaru-teemalistel kohtumistel Majandus- ja Kommunikatsiooniministeeriumi, Välisministeeriumi, Riigi Infosüsteemi Ameti ning TI-Hüppe Sihtasutuse esindajatega.

Akadeemilises kogukonnas on Kull panustanud erialade-ülestes aruteludes tehisaru teemal. Ta osaleb Eesti Teaduste Akadeemia tehisaru ja aju komisjoni töös ning on esinenud akadeemia üldkogul ja uurija-professorite konverentsil. Ta tegi kutsutud ettekanded organisatsiooni Global Research Council piirkondlikul konverentsil Tallinnas ja tippülikoolide võrgustiku League rektorite kohtumisel Tartus. Tartu Ülikoolis osaleb ta töörühmas, mis tegeleb tehisintellekti kasutusega õpetamises.

Kull on olnud kutsutud ettekandja ka teiste teadusvaldkondade konverentsidel - Põhja- ja Baltimaade digihumanitaaria konverentsil DHNB 2025, Eesti Õigusteadlaste päevadel (2024), Eesti Aktuaaride Liidu juubelikonverentsil (2024), Eesti Inimesegeneetika Ühingu aastakonverentsil (2024) ja Eesti Haridusfoorumi 2024. aasta suurfoorumil "Tulevikukool 2040". Sellised ettekanded on olnud suunatud praktiliste küsimuste avamisele ja ühisosa leidmisele, et eri valdkondade eksperdid saaksid teha teadlikumaid valikuid tehisaru rakendamisel.

Lisaks esinemistele on Kull korraldanud ja modereerinud arutelusid ning üritusi, mis toovad kokku teadlased, ettevõtted ja avaliku sektori. Andmeteaduse seminarid "Understanding and Explaining Machine Learning Models" (2019) ja "AI in action: success stories and lessons learned" (2024) ning tippkeskuse avaüritus "Leading the Way with Trustworthy AI" (2024) on seadnud eesmärgiks toetada teaduspõhist dialoogi ja jagada häid praktikaid, et tehisaru kasutuselevõtt toimuks läbimõeldult.

Ettevõtetele suunatud lühikoolitustes on Kull andnud juhitud ülevaate tehisaru võimalustest, tüüpilistest eksiarvamustest ja realistlikest rakendusjuhtudest. Sihtrühmaks olid eelkõige tööstusettevõtete keskastme juhid, kellel on vaja hinnata, millal ja kuidas tehisaru kasutusele võtta, millistest andmetest alustada ning kuidas mõõta mõju. Kull on sel teemal läbi viinud viis koolitust üle Eesti (Pärnus, Narvas, Tallinnas ja kaks korda Tartus).

Teadusvaldkonna tugevdamine Eestis ja rahvusvahelise nähtavuse edendamine

Lisaks ühiskondlike protsesside toetamisele on Kulli tegevus olnud suunatud tehisaru valdkonna tugevdamisele Eestis ning rahvusvahelise haarde laiendamisele. Juhtides Eesti tehisintellekti tippkeskust arendab ta koostööd 13 uurimisrühma vahel kolmest teadusasutusest. Ta on tippkeskust nõustama kutsunud rahvusvahelise teadusnõukoja ja eetikanõukoja, mis toetavad Eesti teadlasi teemade strateegilisel valikul selles pöörase kiirusega arenevas teadusvaldkonnas. Tippkeskuse üheks eesmärgiks on ka teadlaste tugevam side avaliku sektori ja ettevõtetega.

Oma kitsamas teadusvaldkonnas on Kull korraldamas veebruaris 2026 Tartus rahvusvahelist teadusüritust Workshop on Uncertainty in Machine Learning, et suurendada Eesti nähtavust tehisaru alal. Samuti korraldas ta 2023. aastal Tartus masinõppe platvormi OpenML arendajate suvise *hackathon*i.

Kull on Euroopa masinõppe teaduskogukonna aktiivne liige ja talle usaldati 2024. aastal vastutusrikas programmijuhi (*program chair*) roll Euroopa masinõppe konverentsil ECML-PKDD 2024, kus neli programmijuhti vedasid protsessi, millega üle 800 esitatud artikli hulgast võeti vastu *ca* 200. Kull on ka maailma kõige tugevamate masinõppe konverentside NeurIPS ja ICML programmikomitees valdkonna juht (*area chair*) ning toimetuskolleegiumi liige ajakirjas Machine Learning.

Eesti teaduse rahvusvahelise nähtavuse kasvatamisel on oluline ka osalemine erinevates võrgustikes. Kull on Euroopa tehisintellekti tippvõrgustiku (*network of excellence*) ELLIS liige, kus liikmesuse eeltingimuseks on regulaarne publitseerimine valdkonna tippkonverentsidel ja -ajakirjades. Ta on ka Tartu Ülikooli esindaja AIDA doktoriprogrammide võrgustikus.

Järelkasvu suurendamine, õpetamine ja populariseerimine

Professor Meelis Kulli töö õpetamise ja järelkasvuga on suunatud sellele, et tehisaru-alane pädevus kasvaks kogu haridustee jooksul – alates kooliõpilastest kuni noorte teadlasteni välja. Õppekavade arendamisse panustab ta Tartu Ülikooli andmeteaduse ja informaatika magistriõppekavade programminõukogudes. Õppetöös on tema aineid läbinud üle 1000 üliõpilase ning tudengid tunnustasid teda 2019. aastal arvutiteaduse instituudi parima õppejõu tiitliga.

Kulli juhendamisel on valminud 34 bakalaureuse- ja 25 magistritööd, neist üks pälvis 2019. aastal riiklikul üliõpilastööde konkursil I preemia loodusteaduste ja tehnika valdkonnas. Praegu on ta juhendamas 9 doktoritööd. Tema uurimisrühmas on olnud ka üks järel doktor (2021-2023) ning sel sügisel on arvatavasti alustamas uus järel doktor.

Talentide toetamise suunal on Kull alates aastast 2019 koordineerinud ja juhendanud Tartu Ülikooli osalemist rahvusvahelistel programmeerimisvõistlustel. Tudengite ülemaailmsel programmeerimisvõistlusel ICPC jõudis aastal 2025 TÜ võistkond prof. Kulli juhendamisel Põhja- ja Baltimaadest ainsa võistkonnana finaali ning saavutas maailmas 75. koha.

Kooliõpilastele suunatud populariseerimistöös on Kull teinud ettekandeid koolides, samuti matemaatika- ja informaatikaolümpiaadide lõppvoorudel ning esinenud Teadlaste Öö üritustel.

3. Käimasolevad teadusprojektid

Kontekstuaalne määramatus ja esituse õpe masintajus

Roll: vastutav täitja

Kestvus: 2022–2026

Rahastaja: Eesti Teadusagentuur, rühmagrant

Rahastusmaht: 1 067 125 EUR

Eesti tehisintellekti tippkeskus

Roll: vastutav täitja

Kestvus: 2024–2030

Rahastaja: Haridus- ja Teadusministeerium

Rahastusmaht: 7 000 000 EUR

Turvaliste digilahenduste ja tehisintellekti alused

Roll: vastutav täitja

Kestvus: 2024–2028

Rahastaja: Eesti Teadusagentuur, temaatiline teadus-arendusgrant

Rahastusmaht: 916 920 EUR

Teadus- ja arendustöö isejuhtivate sõidukite tehnoloogia valdkonnas

Roll: põhitäitja

Kestvus: 2021–2026

Rahastaja: Bolt Technology OÜ

Rahastusmaht: 2 000 000 EUR.

4. Olulisemad artiklid

Kull, M.; Flach, P. (2014). Reliability Maps: A Tool to Enhance Probability Estimates and Improve Classification Accuracy. Calders, Toon; Esposito, Floriana; Hüllermeier, Eyke; Meo, Rosa;. Machine Learning and Knowledge Discovery in Databases: European Conference,

ECML PKDD 2014, Nancy, France, September 15-19, 2014. Proceedings, Part II. (18–33). Springer. (Lecture Notes in Computer Science; 8725).

See artikkel teenis Euroopa masinõppe konverentsil ECML-PKDD 2014 parima artikli auhinna.

Flach, P.; **Kull, M.**; (2015). Precision-Recall-Gain Curves: PR Analysis Done Right. In: Cortes, C.; Lawrence, N. D.; Lee, D. D.; Sugiyama, M.; Garnett, R.; (Ed.). Advances in Neural Information Processing Systems 28 (NIPS 2015). (838–846). Curran Associates, Inc.

Nikolaou, N.; Edakunni, N.; **Kull, M.**; Flach, P.; Brown, G.; (2016). Cost-sensitive boosting algorithms: Do we really need them? Machine Learning, 104 (2), 359–384. DOI: 10.1007/s10994-016-5572-x.

ACM Computing Reviews loetles selle artikli 2016. aasta arvutiteaduse valdkonna kõige märkimisväärsimate kirjutiste loetelus

(<http://www.computingreviews.com/recommend/bestof/notableitems.cfm?bestYear=2016>)

Kull, M.; Silva Filho, T.; Flach, P. (2017). Beta calibration: a well-founded and easily implemented improvement on logistic calibration for binary classifiers. In: Singh, Aarti; Zhu, Jerry (Ed.). Proceedings of the 20th International Conference on Artificial Intelligence and Statistics (AISTATS) 2017. (623–631). PML Press. (Proceedings of Machine Learning Research; 54).

Kull, M.; Perello Nieto, M.; Kängsepp, M.; Silva Filho, T.; Song, H.; Flach, P. (2019). Beyond temperature scaling: Obtaining well-calibrated multi-class probabilities with Dirichlet calibration. In: Wallach, H. ; Larochelle, H.; Beygelzimer, A. ; d'Alche-Buc, F.; Fox, E.; Garnett, R. (Ed.). Advances in Neural Information Processing Systems 32. (12295–12305). Curran Associates, Inc..

Song, H.; Diethe, T. ; **Kull, M.**; Flach, P. (2019). Distribution calibration for regression. In: Chaudhuri, Kamalika; Salakhutdinov, Ruslan (Ed.). Proceedings of the 36th International Conference on Machine Learning. (5897–5906). Long Beach, California, USA: PMLR. (Proceedings of Machine Learning Research; 97).

Martinez-Plumed, F.; Contreras-Ochando, L.; Ferri, C.; Hernandez Orallo, J.; **Kull, M.**; Lachiche, N.; Ramirez Quintana, M.J.; Flach, P.A. (2021). CRISP-DM Twenty Years Later: From Data Mining Processes to Data Science Trajectories. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 33 (8), 3048-3061. DOI: 10.1109/TKDE.2019.2962680.

Silva Filho, T.; Song, H.; Perello-Nieto, M.; Santos-Rodriguez, R.; **Kull, M.**; Flach, P. (2023). Classifier calibration: a survey on how to assess and improve predicted class probabilities. Machine Learning. DOI: 10.1007/s10994-023-06336-7.

Shahrudi, N.; Lepson, M.; **Kull, M.** (2024). Evaluation of Trajectory Distribution Predictions with Energy Score. In: Proceedings of the 41st International Conference on Machine Learning (ICML 2024). (44322–44341). PMLR. (Proceedings of Machine Learning Research; 235).

Komisarenko, V.; **Kull, M.** (2024). Improving Calibration by Relating Focal Loss, Temperature Scaling, and Properness. In: European Conference on Artificial Intelligence (ECAI 2024). (1535–1542). IOS Press. (Frontiers in Artificial Intelligence and Applications). DOI: 10.3233/FAIA240658.

See artikkel teenis Euroopa tehisintellekti konverentsi ECAI 2024 väljapaistva artikli auhinna.

5. Bibliomeetria

Publikatsioonide arv kokku (ETIS): 51

Web of Science (kõik kokku):

publikatsioone - 51,
tsiteeringuid - 2338,
h-indeks - 14

Web of Science 2015–2025:

publikatsioone - 33,
tsiteeringuid - 1065

Scopus (kõik kokku):

publikatsioone - 50,
tsiteeringuid - 2772,
h-indeks - 15

Scopus 2015–2025:

publikatsioone - 39,
tsiteeringuid - 1357

Google Scholar:

publikatsioone - 84,

tsiteeringuid - 5463,
h-indeks - 22

1 patent:

Peptiidide profileerimine ja humoraalse immuunsuse monitooring; Omanikud: Protobios OÜ; Autorid: Kaia Palm, Lagle Kasak, Anri Kivil, Ave Kris Lend, Toomas Neuman, Arno Pihlak, Anti Alman, Mari-Liis Krupp, Meelis Kull, Balaji Rajashekar, Sulev Reisberg, Martin Sauk, Gerli Viikmaa, Jaak Vilo; Prioriteedi number: US 14/079,626; Prioriteedi kuupäev: 13.11.2013.

(allkirjastatud digitaalselt)

dr Heisi Kurig
Arvutiteaduse instituudi juhataja