

36 Hindamatud kuukivid

Kuult pärinevate kivimite uurimine pole pärast nelja aastakümnet tööd ikka veel raugenud. Me saame nende abil rohkem teada nii Kuust kui ka Maa ja kogu Päikesesüsteemi ajaloost.

40 Persoonilugu: Tarmo Uustalu

Matemaatikast ja jazz-muusikast võlutud arvutiteadlane teeb tööd programmide ohutumaks ja turvalisemaks muutmisel.

44 Peeglite petlik pale

Mis juhtub näo kujutisega peeglis, kui astuda mitu sammu tagasi?

48 Põhjavesi – januse planeedi veehoidla?

Põllumajandus, tööstus ja majapidamised vajavad aina enam vett. Mis juhtub, kui hakkame põhjavett «kaevandama»? Kus on Eesti kõige tulisemad veeprobleemid?

54 Läänemere suurima laevahuku jälgedes

Visby külje all 16. sajandil uppunud 15 sõjalaeva pakuvad arheoloogidele palju tööd ning toovad põnevaid leide.

56 Sõjamasin

Suhhoi Su-24 – «vehkleja» Ämari lennuväljalt

58 Ajalugu

Paavsti ja piiskopi, keisri ja kuninga sõda. Eestlaste muistse vabadusvõitluse käiku määras samavõrra siinsete lahingutega ka võimuvõitlus Saksamaal ja Taanis.

KUIDAS?

66 Kuidas ravitakse sõjas haavatuid

70 Terminaatori silm tuli sammukese lähemale

71 Mis ühendab hävitajat ja Tartu elamuskinno?

74 Olümpiasportlaste jahe vest

75 Tark tahavaatepeegel

REVÜÜ

76 Raamatud

78 DVDd, sündmused, veebiküljed

MEELELAHUTUS

80 Ristsõna

81 Loogikaülesanded

82 ?!?

Naljad. Uus ja uskumatu.



40



71

Wine weeks

Veininädalad septembris
Tallinki ja Silja laevadel

Kvaliteetveinid * Degusteerimine * Erimenüüd

Club One klientidele soodustused kuni 50%. Vaata lisa tallink.ee.
Club One Wine weeks pakkumine saadaval ainult Tallink online'is ja müügiesindustes.

Tallinn-Stockholm

hind alates

792 EEK

reisija

pakkumise kood: WINE WEEKS

Tallinn-Helsingi

hind alates

516 EEK

reisija

Hind sisaldab: kruisil Tallinn-Stockholm-Tallinn koht B4 kajutis.

Hind sisaldab: päevakruisi Tallinn-Helsingi-Tallinn reisijapileti.

Broneeri juba täna! www.tallink.ee +372 640 9808



Tarmo Uustalu – tippkeskuse tippmees

Tarmo Uustalu tegevusvaldkondade ning huvide nimekirjast leiab ridamisi keerulisi väljendeid, mis enamikule meist suurt midagi ei ütle. Ometi sai tema juhitud arvutiteaduse tippkeskus äsja Euroopa Liidult tegevustoetuseks üle 66 miljoni krooni. Tarkade Klubi käis uurimas, millega tippkeskuses tegeletakse.

TEKST: KRISTJAN KALJUND, FOTOD: TEET MALSSROOS

Väga jämedalt võttes on meie valdkonnaks tarkvara ehk arvutiteaduse nii-öelda pehme külg,» alustab Uustalu. «Programmeerimiskeeled ja -süsteemid, infoturve ja krüptoloogia, suuremahulised teadusarvutused ja hulk arvutusteadusi (mitte arvutiteadusi), st rakendusi, mis on seotud mõne teise teadusharu kasutusega, näiteks bioinformaatika ja arvutuslingistika.»

Ent rääkigem kõigest järgemööda. Arvutiteaduse tippkeskust on vaja, sest muidu on killustatus liiga suur. «Eestis on igal alal situatsioon selline, et suuremate asjade tegemiseks tuleb alati Tallinna ja Tartu inimesed kokku lugeda,» arwab Uustalu. Nüüd ongi Tartu ja Tallinna helgemad pead kokku loetud ning suurte asjade tegemine võib alata. «Arvutamine on ka mingis mõttes loodusteadus. See on lihtsalt üks viis teadmist organiseerida. On asju, mis ei ole piiratud loodusseadustega, vaid informatsiooniseadustega – asju, mida põhimõtteliselt ei saa arvutada aja või mälu mõttes efektiivselt või mis on isegi põhimõtteliselt arvutamatud. See seab piirangud isegi loodusele, mitte ainult masinatele,» selgitab Uustalu.

Arvutiteadus on aga pikka aega üritanud ehitada abstraktsiooniastmeid. Kõige all on bitid ehk nullid ja ühed. Nende peale ehitatakse operatsioonisüsteemi loomiseks vajalik programmeerimiskeel, selle otsa omakorda tegelik operatsioonisüsteem, seejärel kõrgkeeled ning viimaks kasutajarakendused. Igal astmel tegutsedes võiks enam-vähem teada vaid kohe järgmist selle all. Nii ei ole nulle ja ühtesid tingimata vaja tunda ei programmeerijal ega veebihalduril. Sellist arvutiteadusest pärit abstraktsioonide torni ideed on hakatud kasutama muudesse valdkondades, näiteks bioloogias – rakutalitust uurides on mõnikord kasulik molekulid ära unustada.

Täpselt samamoodi käitub arvutiteadus ise programmide töökindlust uurides. Kui programmis on kümme muutujat, mis võivad omada väärtusi 0 ja 1, siis süsteemil on 210 ehk 1024 võimalikku olukorda. 20 muutujaga on neid olukordi üle miljoni ja 30 muutujaga üle miljardi. «Aga igas programmis on rohkem kui 30 muutujat!» annab Uustalu aimu, milliste suuruste juures nende töö alles algab. «Ja need ei ole binaarsed ehk Boole'i

On asju, mida ei saa arvutada aja või mälu mõttes efektiivselt või on isegi arvutamatud.

ge all on bitid ehk nullid ja ühed. Nende peale ehitatakse operatsioonisüsteemi loomiseks vajalik programmeerimiskeel, selle otsa omakorda tegelik operatsioonisüsteem, seejärel kõrgkeeled ning viimaks kasutajarakendused. Igal astmel tegutsedes võiks enam-vähem teada vaid kohe järgmist selle all. Nii ei ole nulle ja ühtesid tingimata vaja tunda ei programmeerijal ega veebihalduril. Sellist arvutiteadusest pärit abstraktsioonide torni ideed on hakatud kasutama muudesse valdkondades, näiteks bioloogias – rakutalitust uurides on mõnikord kasulik molekulid ära unustada.

Täpselt samamoodi käitub arvutiteadus ise programmide töökindlust uurides. Kui programmis on kümme muutujat, mis võivad omada väärtusi 0 ja 1, siis süsteemil on 210 ehk 1024 võimalikku olukorda. 20 muutujaga on neid olukordi üle miljoni ja 30 muutujaga üle miljardi.

«Aga igas programmis on rohkem kui 30 muutujat!» annab Uustalu aimu, milliste suuruste juures nende töö alles algab. «Ja need ei ole binaarsed ehk Boole'i

CV

Tarmo Uustalu

- Sündinud 19. jaanuaril 1969 Tallinnas
- Tallinna Tehnikaülikooli Infotehnoloogia teaduskonna Arvutiteaduse instituudi professor alates 2004, TTÜ Kübernetika Instituudi vanemteadur
- Arvutiteaduse tippkeskuse juht
- 1992 Tallinna Tehnikaülikool – magistriraad automatiseeritud juhtimissüsteemides/süsteemitehnikas ja informaatikas
- 1998 – doktorikraad Kungl. Tekniska Högskolanist Stockholmist
- Ajakirja J. of Univ. Comput. Sci. toimetuskolleegiumi liige
- TTÜ Arengufondi Boris Tamme stipendiumi laureaat 2002

muutujad, mis võivad olla 0 või 1, vaid täisarvmuutujad. Ja süsteemid ju suhtlevad omavahel, mis tähendab, et ma pean neid vaatama üheskoos kui tervikut ja olekute arv kasvab kiiresti astronoomiliseks.»

Vead ühes pundis

Selliste süsteemide analüüsiks on loodud päris palju kavalaid meetodeid ja tööriistu. Näiteks staatiline programmianalüüs ja mudelikontroll, kus ei püüta tegeleda süsteemi üksikute olekutega eraldi, vaid kasutatakse abstraktsiooni – jagatakse programmi olekuruum klastriteks, kusjuures seda püütakse teha nii, et süsteemi «halvad olekud» ehk vead satuksid ühte punkti.

Uustalu enda praegune uurimisvaldkond on veel kitsam, nimelt tõestust kandev kood (*proof-carrying code*). Kui inimene laeb arvutisse tarkvara, siis ta tahab, et see oleks korrektne (teeks, mida vaja) ja ohutu (ei teeks, mida ei tohi teha). Tõestust kandva koodi idee on selles, et programmiga tuleb kaasa sertifikaat – elektrooniline nullide ja ühtede jada –, mis esindab matemaatilist tõestust selle kohta, et pakutav programm on ohutu. Tarbija arvutis olev lihtne ja usaldusväärne kontrollprogramm veendub selle abil programmi ohutuses.

Valemid teevad ohutuks

«See on võluv idee just sellepärast, et ei vaja midagi lisaks. Ei mingit avaliku võtme infrastruktuuri ega muud taolist,» selgitab Uustalu. «Võib tunduda müstilisena, et «naiivsete» matemaatilise loogika valemitega on võimalik kirja panna suurte tarkvarasüsteemide ohutus, aga tegelikult ei ole see mingi raketiteadus ja seda tehakse.»

Laias laastus on arvutiprogrammide korrektsuse ja ohutuse tagamiseks Uustalu sõnul kaks meetodit. «Üks viis on maksta programmeerijatele rohkem, pakkuda neile töö ajal süüa ja muid hüvesid, ning loota siis, et nad teevad oma tööd paremini ja vigu lipsab vähem sisse. Teine võimalus on ehitada programmeerimise tööriistad – programmeerimiskeeled, kompilaatorid jmt – niimoodi, et

need elimineeriksid inimliku vea võimaluse. Selline keelepõhine lähenemine on just see suund, millega meie tegeleme: üritame programmeerimise vahenditesse sisse ehitada mehhanisme, mis piiraksid vigade tegemise võimalust.»

Usaldusväarsuse mahamüümine tarbijale on aga hoopis teine teema. «Me võime spetsialistidena olla kindlad, et teatud e-valimise protokoll on tehnilises mõttes turvaline, aga seda ei ole võimalik seletada inimesele tänavalt, kellel ei ole vastavat tausta. Krüptoloogias tavalise inimeseni on pikk samm. Eks neid asju tulebki seletada niimoodi kujundlikult, lukkudest ja võtmetest rääkides,» arvab Uustalu.

Arvutiteaduse tippkeskuse üheks eesmärgiks on ka valdkonna populariseerimine. «Eesti keeles peaaegu puudub arvutialane populaarteaduslik kirjandus,» ütleb Uustalu. «Selline kirjandus, mis ei oleks kollase kaanega ega kannaks pealkirja «See või teine vähikutele.» Tippkeskus on plaaniks võtnud mõned sellised tuntumad raamatud eesti keelde tõlkida.

Keeleproteksionismi Uustalu ülemäärä ei usu. Eestikeelset tarkvara ta näiteks

Kõige andekamad noored hakkavad arvutiteadusele selga keerama, sest seda ei peeta enam piisavalt perspektiivikaks.

ei armasta. Eriti hull on lugu siis, kui see on halvasti tõlgitud. Ja kõike ei peagi soomlaste kombel emakeelde tõlkima. «On ju tore, et *plugin* on ka eesti keeles 'plugin' – see on foneetiliselt õige ja sobib,» arvab ta.

Mõnikord tuleb sõnu siiski tõlkida. Vahel võib juhtuda lausa nii, et on olemas Tartu sõnad ja Tallinna sõnad. Näiteks ei ole siiani suudetud kokku leppida, kas *stack* peaks maakeeli olema 'pinu' või 'magasin'.

Jõuamegi jutuga keeletehnoloogiani. Seegi on märksõna, mis arvutiteaduse tippkeskuse tegevusvaldkondade seas figureerib. Lihtsalt öelduna tähendab keeletehnoloogia kirjaliku ja suulise keele (teksti ja kõne) automaattõõtlust, nt tekstide masintõlget või kõnesünteesi ehk kirjaliku teksti ettelugemist arvuti poolt ja kõnetuvastust ehk suulise kõne automaatselt kirjapanekut.

Pisikese keele kohta on meil keeletehnoloogia päris hästi arenenud, kinnitab Uustalu. Keeletehnoloogia on väga sõltuv konkreetsest keelest. Laske näiteks eesti keelsele kõnerobotil (<http://kiisu.eki.ee/>) mõnd võõrkeelset lauset lugeda. Tulemus

on päris koomiline. Ka eesti keel kõlab roboti suus veel üsna võltsilt. See-eest ingliskeelsete robotid võivad lühemate tekstide puhul kuulaja juba ära petta (vt nt www.acapela-group.com). «Meie instituudis tegeldaksegi praegu spontaanse ja emotsionaalse kõne mudelitega, et sünteesitud kõne kõlaks loomulikumalt,» räägib Uustalu.

Ikkagi tõsised inimesed

Tarmo Uustalu valutab südant ka arvutiteaduse maine pärast. «Kui me suudame selgeks teha, et oleme tõsised inimesed, nagu tuumafüüsikud või geenitehnoloogid, siis ehk on ka usaldus suurem. Kui aga oleme need patsiga poisid, kelle vedeleb kuivanud juustuvõileib laual kohvitasside vahel, on asi keerulisem. Arvutiasjandus on ühelt poolt tarbeasi, teisalt tihedalt läbi põimunud meelelahutusega. See mõjutab ala avalikku kuvandit tugevasti.»

Üllataval kombel hakkavad kõige andekamad noored arvutiteadusele selga keerama, sest seda ei peeta enam piisavalt perspektiivikaks. Järgmist ühiskonda raputavat läbimurret loodetakse hoopis geeni- või nanotehnoloogias.

Ühes varasemas intervjuus on Uustalu öelnud, et riik on teaduse suhtes «teadlikult pahatahtlik». Kas nüüd, mil seesama riik (Euroopa Liit, kui täpne olla) eraldas tema juhitud tippkeskusele üle 66 miljoni krooni, on see arvamuse muutunud?

«Ei, noh ... väga palju ei ole muutunud,» on Uustalu otsekohene. «Üks asi, mis Eestis viltu on läinud – ja sellele on ka teadlaskond ise kaasa aidanud –, on totaalne mõõtmine. Arvatakse, et mehaaniliselt publikatsioone või tsitaate lugedes on võimalik kõike mõõta. Ekspertihinnang on ju kogu aeg au sees olnud, miks siis nüüd järsku on nii, et ekspertidelt arvamuse küsimise asemel antakse neile Exceli tabel pihku? Mida siis ekspert peaks tegema? Vaatama viimast rida ja järjestama? Seda võiks ju Excel ise ka teha!»

Publikatsioonide arvu peetakse tänapäeval teadlase taseme näitajaks. Seejuures ei tehta mingit vahet 60leheküljelisel kolme autoriga matemaatikaartiklil ja kolmeleheküljelisel saja autoriga bioloogiaartiklil, kus autorite loetelu võtabki enda alla esimese lehekülje sellest tööst.

Matemaatika võlu

Usaldamatus on valdav ka teaduse rahaasjades. Väikseimagi rahaeralduse puhul nõutakse virnade viisi paberitööd.

«Meil on siin poolsada doktoranti. Kui nad käisid lähetuses ja töid oma trammipiletid, pidi rektor igale trammipiletile allkirja andma. Rektor! Alla selle ei kõlvanud,» meenutab Uustalu tõekefonde rahaeralduste algusaegu. Tulemuseks on tuhandeid pisiarveid sisaldavad pakid ja kirjavahetus sentide teemal, mida ümarusvigade liitumise tõttu kunagi klappima ei saa.

Uurin, kui tihti juhtub, et arvutiteadla-



TAVALINE KONTOR: «Arvutiteaduse populariseerimine on raske kas või pildilises mõttes,» kurdab Tarmo Uustalu. «Loodusteadlastel on suured võimsad masinad ja maaalused kiirendid – meil ei ole midagi taolist. Selline pilt nagu meil avaneb igas kontoris.»

ne Tarmo Uustalu oma arvutiga nii kimpu jääb, et peab kellegi appi kutsuma.

«Ei juhtu sageli, võib-olla kord mõne kuu tagant,» vastab ta. «Osalt tänu sellele, et ma kasutan töökindlamat tarkvara (Uustalu arvutis jookseb Ubuntu Linux – toim.), ja osalt tänu sellele, et enamasti ma tean, mida teen.»

«On teatud kvaliteeditase, mida inimese aktsepteerib, kui ta ostab telerit, külmikut, autot. Ja täiesti teine tase, mida ta aktsepteerib arvutit ostes,» ütleb Uustalu. «Kõik see mittetöötavus, mida inimene arvuti juures talub, oleks vastuvõetamatu igas teises valdkonnas ja toode läheks kohe poodi tagasi. See ongi osalt kultuuriline probleem – mille eest saab inimeselt raha küsida, nii et ta ei nuriseks. Meie töö ongi suunatud olukorra muutmisele.»

Kui küsin, mis teda arvutiteaduse juures võib, hakkab Uustalu mõtlikult loetlema: «Osalt mind võib see, et see on matemaatika. Meeldib algoritmiline mõtlemine, minu meelest see on vahva. Ja mulle meeldib teadlase elu, rahvusvaheline suhtlusringkond ja lävimine. Programmeerimiskeelte ja turvalisuse vallas on maailmas tegijaid alla tuhande. See on lahe punkt. Päris palju meie alal juhtub Euroopas, mis mulle samuti meeldib – ei pea liiga palju olema teisel pool lompi.»

Küünarnukitunne tahvli ees

Lühemaid reise koguneb Uustalul aasta peale kokku paari kuu jagu. Miks aga arvutiteadlastel üldse on vaja ringi lennata, miks nad omavahel arvuti teel ei suhtle? «Ma kasutan Skype'i üsna palju,» vastab Uustalu. «Aga uurimistöö ja artikli kirjutamise puhul on lõpuks ikkagi efektiivsem olla kellegi kontoris koos valge tahvli ees ja mängida asju läbi.»

Kas Uustalu ka ise veel vahel programmeerib? «Jaa, mõnikord. Tõsi küll, mitte suuri projekte. Mõnda asja tahaksin küll teha, aga administreerimistööd on selleks liiga palju.»

Programmeerimisel on väga tähtis, et algne struktuur saaks paika. Ülejäänud läheb kiirelt. Ja detailidesse ei tohi liigselt takerduda, silme ees peab olema tervikpilt. Palju tuleb teha ka disainiotsuseid – kas kirjutatakse midagi üheks korraks või mõeldakse rohkem ette ja tükeldatakse kood nii, et neid tükkie tükk saaks korduvkasutada. Kumbki variant pole teisest halvem, sageli sõltub valik vaid programmeerija maitsest.

Tarmo Uustalu on õppinud ka muusikateooriat. Tema väliskollegide seas on samuti palju muusikaseid inimesi. Näiteks neid, kes mängivad klaverit. «Kodeerimises ja muusikas on palju sarnast,» ütleb Uustalu. «Palju asju tuleb ära otsustada kõhutunde järgi. Umbes nagu jazzharmooniat mängides – võin ju endale lahti seletada käike ja modulatsioone, aga tegelikkuses toimub palju ikkagi intuiitselt.»