

02.11.2021

Mitä tutkIT, Jussi Jokinen? Laskennalliset mallit ihmisen ajattelun ja toiminnan tutkimuksessa

Miten ihmismielen toimintaa voidaan mallintaa? Aamukahvit-podcastin ensimmäisessä it-tiedekunnan tutkimukseen perehtyvässä Mitä tutkIT? -jaksossa vieraana on Jyväskylän yliopistosta kognitiotieteen apulaisprofessori Jussi Jokinen. Jussi tutkii ihmisen ajattelua ja älykkyyttä laskennallisten mallien avulla, ja hän on kiinnostunut mm. siitä, miten koneelle luotavien mallien avulla voidaan tutkia ihmismielen toimintaa. Jaksossa perehdytään laskennallisten mallien hyödyntämiseen erityisesti tekstinsyötössä.

[Jussi Jokisen tutkijasivu](#)

Jakso äänitetty lokakuussa 2021.

Anna: Tervetuloa Aamukahvien pariin. Tässä jaksossa äänessä ovat IT-CREW tiimistä Anna ja Joonas, ja perehdymme jaksossa kognitiotieteen tutkimukseen.

Intro: Aamukahvit IT-tiedekunnassa, rakkaudella Mattilanniemestä.

Anna: Ihmismielen kyky muokkautua uusiin tilanteisiin ja teknonogioihin on hämmästyttävä. Tekstinsyöttö älypuhelimella sujuu lähes kaikilla meistä luontevasti ja sen enempää miettimättä. Joillekin jopa yli 80 sanan nopeudella minuutissa. Mutta miten monimutkaisesta tehtävästä on loppujen lopuksi kyse? Voidaanko tieteen avulla ymmärtää tarkkaan, miten ihminen onnistuu näin suurta taitoa vaativasta tehtävästä hyvin, ja miten tätä voidaan soveltaa? Näihin ja muihin kysymyksiin meille on tänään vastaamassa Jyväskylän yliopistosta kognitiotieteen apulaisprofessori Jussi Jokinen. Tervetuloa!

Jussi: Kiitos!

Anna: Kertoisitko Jussi meille ensiksi kuka olet ja mitä tutkit?

Jussi: Joo, olen tosiaan kognitiotieteen apulaisprofessori täällä Jyväskylän yliopistossa IT-tiedekunnassa. Tutkimukseni käsittelee ihmisen ja teknologian vuorovaikutusta, ja erityisesti tutkin sitä, että miten ihmisen mielen ymmärrys voi auttaa meitä kehittämään parempia teknologioita.

Anna: Tutkit kognitiotiedettä, niin haluisitko avata vähän, että mitä kognitiotiede on? Ja usein kognitiotieteestä kun puhutaan, niin kuulee myös käytettävän termiä HCI, niin mitä tämä HCI on?

Jussi: Tosiaan kognitiotiede ja HCI, tai Human-Computer Interaction eli ihmisen ja

tietokoneen vuorovaikutus, ne on kaksi eri tieteenalaa, mutta täällä Jyväskylässä kognitiotiede tutkii nimenomaan niitä kysymyksiä, joita HCI:ssä tyypillisesti tutkitaan. Eli kognitiotiede on hyvin monialainen tiede, joka tutkii eri menetelmin ihmisen ajattelua, ihmisen älykkyyttä, ihmisen käyttäytymistä. Ja täällä Jyväskylän yliopistossa näitä ihmisen ajattelua ja älykkyyttä koskevia kysymyksiä käsitellään nimen omaan erilaisen teknologian vuorovaikutuskonteksteissa. Eli kysymme, miten ihmisen mieli mukautuu, miten ihmiset oppivat käyttämään erilaisia teknologioita, ja miten teknologiasuunnittelussa voi sitten hyödyntää ymmärrystä ihmisen mielestä. HCI alana tietenkin käsittelee ihmisen ja teknologian vuorovaikutusta vielä laajemmin. Siinä on muitakin tapoja lähestyä tätä kysymystä kuin kognitiotiede, mutta täällä meidän tutkimuksessa tosiaan tehdään ikään kuin näiden kahden tieteen rajapinnassa tutkimusta.

Anna: Olisiko sinulla antaa joitain lisäesimerkkejä siitä, että mitä täällä Jyväskylässä on nimenomaan tutkittu?

Jussi: Voisin avata esimerkiksi oman tutkimukseni kautta. Eli se, miten minä tutkin kognitiotiedettä tai miten lähestyn ihmismieltä, on ihmisen mielen tietojenkäsittelyprosessien kautta. Eli kysyn, miten ihmisen mieli käsittelee tietoa, ja käytän hyvin tietojenkäsittelytieteellisiä menetelmiä näiden kysymysten analysoimiseksi. Eli omassa tutkimuksessani lähestyn näitä ihmisen tietojenkäsittelytieteellisiä prosesseja teknologian vuorovaikutustilanteissa, luomalla niin sanottuja kognitiivisia laskennallisia malleja. Eli näissä laskennallisissa malleissa tehdään jonkinlaisia hypoteeseja siitä, että miten ihmismieli käsittelee tietoa, miten ihmisen mielen havainnot ja sitten ihmisen käyttäytyminen yhdistyy toisiinsa tämän ihmismielen prosessin kautta. Nyt esimerkiksi tämä teidän antama esimerkki ihmisen kyvystä syöttää tekstiä kosketusnäytöllä, niin olen esimerkiksi äskettäin julkaissut sellaisen mallin, joka simuloi, miten ihmiset syöttävät tekstiä. Ja tässä mallissa tehdään juuri hypoteeseja siitä, että miten ihmismieli käsittelee havaintoja kännykästä, ja miten nämä havainnot muuntuivat tiedonkäsittelyprosesseissa toiminnoiksi, joilla syötetään tekstiä älypuhelimella.

Joonas: Eli käytät tutkimuksessasi tällaisia laskennallisia malleja. Miten tällaisia laskennallisia malleja käytännössä luodaan? Mistä lähtee se luominen?

Jussi: Laskennallinen mallihan on siis lopulta tietokoneohjelma. Siihen on kirjattu koodin tasolle jonkinlaisia oletuksia siitä, että miten tässä tapauksessa ihmisen mieli käsittelee tietoa. Ja laskennallisen mallin luomisen aluksi on tietenkin esitettävä jonkinlainen tutkimuskysymys, että mistä olemme kiinnostuneita, mitä haluamme mallintaa. Nyt esimerkiksi tässä ihmisen älypuhelimien tekstinsyöttötapauksessa voimme havaita millaisia erilaisia toimintoja ihmiset tekevät, kun he syöttävät tekstiä älypuhelimella. Ja sitten kysymme, mitkä ihmisen kognitiiviset valmiudet, minkälaiset mahdolliset kapasiteettirajat ja mitkä ihmisen fysiologiset kyvykkyydet mahdollistavat ja selittävät ihmisen kykyä syöttää tekstiä älypuhelimella. Ja sen jälkeen alamme psykologiseen ja kognitiotieteelliseen tietoon viitaten luoda tietokoneohjelmaa, joka sitten kytkee nämä erilaiset listatut kyvykkyydet kokonaisuudeksi, ja joka pystyy sitten tietokoneohjelmana simuloimaan ihmisen kaltaista tekstinsyöttöä.

Joonas: Tuo ihmisen tekstinsyötön simuloiminen kuulostaa hyvin paljon tämmöiseltä tekoälyltä tai koneoppimiselta, niin mikä näiden kahden suhde on? Miten laskennalliset mallit suhtautuvat tekoälyyn ja koneoppimiseen?

Jussi: Tuo on todella olennainen kysymys, ja se vie meidät historiassa aika kauaskin. Eli kognitiotiede on kyllä ihan tieteen alkuajoista lähtien ollut hyvin kytköksissä

tekoälytutkimukseen. Kognitiotieteessä tietenkin, kun olemme kiinnostuneita erityisesti ihmisen mielestä ja älykkyydestä, niin tämä tekoäly sinänsä on meille väline ihmismielen ja älykkyyden ymmärtämiseksi. Eli me emme kognitiotieteessä rakenneta ihan mitä vain tekoälyä tai koneoppimismenetelmiä, vaan nimenomaan hyödynnämme tutkimuskenttää rakentaaksemme sellaisia konepohjaisia älykkyyden muotoja, jotka auttavat ymmärtämään meitä ihmisen mielen tutkimuksessa. Perinteisesti tällaisilla puhtailla koneoppimismenetelmillä, miten niillä operoidaan, on että meillä on iso tietomassa. Me sitten koneoppimismenetelmin löydämme sieltä erilaisia ominaisuuksia ja näiden ominaisuuksien välisiä yhteneväisyyksiä, joiden avulla tämä koneoppimismenetelmä sitten oppii luokittelemaan tai ennustamaan erilaisia asioita. Ja näinkin voidaan rakentaa esimerkiksi ihmisen käyttäytymistä simuloivia malleja. Mutta se, mikä näissä laskennallisissa kognitiivisissa malleissa on erilaista, on että näissä malleissa rakennetaan hyvin vahvoja hypoteeseja nimen omaan ihmisen mielen tietojenkäsittelyprosesseista. Näin ollen näiden mallien kyky ennustaa ihmisen käyttäytymistä ei perustu siihen, että ne mallit ovat nähneet ison kasan ihmisen tuottamaan käyttäytymistä, ja sen perusteella ennustaisi sitten miten ihmiset käyttäytyvät, vaan ne pystyvät ennustamaan ihmisen käyttäytymistä ilman, että niitä on koulutettu ihmisdatalle. Toisin sanoen, ne ovat teorialähtöisiä tapoja ennustaa ihmisen käyttäytymistä. Näissä laskennallisissa kognitiivisissa malleissahan kyllä hyödynnetään uusia koneoppimismenetelmiä, eli kun simuloimme sitä, miten ihmismieli mukautuu esimerkiksi erilaisiin tehtäväympäristöihin, voimme kuitenkin hyödyntää viimeaikaisia edistyksiä mitä koneoppimisessa on tehty. Se mikä kuitenkin erottaa nämä puhtaat koneoppimismenetelmät kognitiotieteellisestä koneoppimismenetelmien käytöstä, on että me lopulta haluamme kognitiotieteessä kuitenkin rakentaa semmoisia malleja, joiden käyttäytyminen vastaa ihmisen käyttäytymistä, ja joiden sisäiset prosessit vastaavat ihmismielen sisäisiä prosesseja.

Joonas: Aiemmin mainittiinkin tutkimus tekstinsyötön simuloimisesta, niin mistä tämä tutkimus lähti?

Jussi: Joo, eli kuten mainitsin, niin näissähän on aina joku ikään kuin käytännössä havaittava ilmiö, joka herättää mielenkiinnon. Tutkin aikoinani tekstinsyöttöä erityisesti siitä näkökulmasta, että miten voimme avustaa ikääntyvien ihmisten älypuhelimien käyttöä, ja muun muassa syöttää tekstinsyöttöä älypuhelimilla. Ja ensimmäinen havaintoni, joka aiheutti pohdintaa oli se, että kaikki ihmiset eivät tosiaan syötä tekstiä älypuhelimella yhtä nopeasti. Ja kognitiotieteilijänä se havainto kääntyi sitten kysymykseksi, että mitkä mielen ja ihmiskehon mekanismit voisivat selittää sen, että eri ihmiset syöttävät eri nopeudella tekstiä. Eli ihmiset tekevät eri tavalla virheitä ja pystyvät käyttämään eri tavalla älyominaisuuksia, joita siellä puhelimessa voi olla tekstinsyötön apuna. Ja minä sitten havainnoin sekä nuorten, nopeiden käyttäjien tekstinsyöttöä, että sitten ikääntyvien ihmisten tekstinsyöttöä, ja havaitsin että tähän kysymykseen ei ole mitään yksiselitteistä vastausta, kuten että vanhemmilla ihmisillä olisi hitaammat tai epätarkemmat sormet, tai että he eivät olisi niin nopeita löytämään oikeita kirjaimia näppäimistöllä. Vaan selvästi se, miten erilaiset käyttäjät mukautuvat tähän laitteeseen, ja sitten omiin kognitiivisiin ja motorisiin kykyihin, oli hyvin monimutkaista. Ja lähdin tästä sitten rakentamaan erilaisia laskennallisia malleja, jotka simuloivat nimen omaan sitä, miten ihminen mukautuu hänen omiin kognitiivisiin rajoitteisiin, esimerkiksi siihen kuinka hyvin ihminen tuntee näppäimistön eri kirjainten sijainnit. Miten ihminen mukautuu siihen, jos hänellä on vaikka vapinaa sormessa, tai miten ihminen mukautuu siihen, että hän on todella tarkka sormistaan ja tuntee sen näppäimistön asettelun hyvin. Ja tässä ikään kuin mukautumisprosessissa ja sen laskennallisessa mallinnuksessa, on sitten avain sen ymmärtämiseksi, että miksi ihmiset kirjoittavat niin hyvin eri tavoin ja eri nopeuksin ja eri virhemäärin älypuhelimella. Keräsimme ison määrän dataa, ja havainnoimme ihmisten sormien liikkeitä - sormeen kiinnitettiin anturi - ja silmien liikkeitä, eli annettiin koehenkilöille lasit, jotka seurasivat

heidän silmiensä liikkeitä, ja pyysimme heitä kirjoittamaan erilaisia lauseita älypuhelimella. Sitten katsoimme tätä dataa tarkkaan, että miten ihmisen silmä ja sormi liikkuu yhtä aikaa, siinä näytön päällä ikään kuin. Ja se oli hyvin monimutkainen se silmän ja sormen tanssi siinä älypuhelimien näytöllä, kun ihmiset kirjoittavat tekstiä. Käyttäjät ovat todella taitavia esimerkiksi oikolukemaan sitä kirjoittamaansa tekstiä silloin, kun he olettavat, että sinne on tullut jokin kirjoitusvirhe. Mutta sitten tätä samaa visuaalista tarkkaavaisuutta vaaditaan myös sormen ohjaamiseksi siinä näppäimistöllä, koska toisin kuin näissä perinteisissä, fyysisissä näppäimistöissä niin älypuhelimien näppäimistöissä ei ole sellaista taktiilia palautetta, joka auttaa sormia ohjautumaan oikeisiin näppäimiin. Tässä tulee hirveän paljon päätöksiä, jotka ihminen pystyy tekemään hyvin intuitiivisesti, esimerkiksi sinä voit kirjoittaa hyvin nopeasti, liikuttaa sormia nopeasti kirjaimelta toiselle, mutta tämän seurauksena tulee tehtyä enemmän virheitä. Jos tekee paljon virheitä, niin täytyy tehdä paljon oikolukua, mutta silloin kun tekee oikolukua, niin ei voi sitten taas kirjoittaa lisää tekstiä. Eli tässä on sitten valinnan paikka, että kuinka nopeasti liikuttaa sormeja, kuinka usein tekee oikolukua. Ja tähän kaikkeen vaikuttaa myös se, millainen se laite on, pystyykö se laite esimerkiksi havaitsemaan tekemäsi virheet ja korjaamaan virheellisiä sanoja oikeiksi sanoiksi, pystyykö se ehkä ennustamaan seuraavaa sanaa, milloin siirtää katse tällaiselle ennustavalle tekstinsyötölle. Tässä on hirveästi jatkuvasti tämmöisiä dynaamisia päätöksentekohetkiä, ja ihmiset tekevät sen todella intuitiivisesti. Eivät he ajattele, että nyt teen oikoluvun, kun minusta tuntuu, että tuolla on virhe. Että nyt siirrän sormeani erityisen hitaasti, koska en halua tehdä virhettä. Ja kun tätä ihmisen tekstinsyöttöaineistoa, havainnoimme sitä, analysoimme sitä, niin aloimme saada ymmärrystä siitä, millaiset kognitiiviset prosessit tuottavat tämän kaltaista mukautumista tähän nimenomaiseen tehtäväympäristöön, jolloin pystyttiin esimerkiksi kirjoittamaan tietokonesimulaatio siitä, miten sormi liikkuu hitaasti mutta tarkasti, tai vaihtoehtoisesti nopeasti ja epätarkasti. Miten silmien avulla voidaan ohjata sormen liikettä tai tehdä vaihtoehtoisesti jo syötetyn tekstin oikolukua tai ehkä jonkin sanalistan lukua siltä varalta, että siellä on se seuraavaksi syötettävä sana. Ja sitten se keskeinen kysymys tässä kaikessa oli, että miten nämä eri ikään kuin moduulit tästä tehtävästä, oikoluku ja sormen ohjaaminen ja tekstinsyöttö, niin kuinka se ihmismieli käyttää näitä moduuleita ja kommunikoi niitä toistensa kanssa siten, että se kokonaisuus on sujuvaa. Ja tämä tietokoneohjelma sitten rakentui tämän arkkitehtuurisen kysymyksen ympärille, miten nämä eri moduulit kommunikoivat toistensa kanssa, ja mihin perustuu se päätös, että nyt katson tekstialueelle tehdäkseni oikoluvun. Käytimme siinä sitten koneoppimismenetelmiä, erityisesti vahvistusoppimista ratkaisemaan näitä eri kysymyksiä sillä oletuksella, että myös ihmiset jollain tavalla käyttävät tämmöisiä ympäristön kanssa vuorovaikutuksessa oppimiaan tekniikoita kirjoittaakseen mahdollisimman tehokkaasti, eli nopeasti mutta tarkasti. Huomioiden tietenkin omat kognitiiviset rajoitteensa, kuten sen, että kuinka hyvin he tuntevat sen laitteen, ja mitkä ovat heidän motoriset kyvykkyytensä.

Joonas: Tässä nyt on vahvistusoppiminen mainittu; kun vahvistusoppimisessahan kyse on siitä, että saadaan jotain palautetta, tai koitetaan ikään kuin maksimoida pisteitä nyt ja tulevaisuudessa, niin voidaanko tällainen malli sitten tavallaan ajatella, että se on samanlainen millä tavalla ihmisen mieli toimii?

Jussi: Se on tosi oleellinen kysymys, ja kuten aina tieteessä, niin tähän on olemassa monta vastausta, ja on olemassa nopeita vastauksia ja pitkiä vastauksia. Missään nimessä emme tällä hetkellä väitä, että ne vahvistusoppimismenetelmät, mitä käytämme olisivat jollain tavalla identtisiä sen kanssa, miten ihmisen mieli oppii tai miten ihmisaivot implementoivat erilaisia oppimisjärjestelmiä. Me kuitenkin tiedämme, että ihmisaivoissa tapahtuu jotain, mitä voimme kuvata vahvistusoppimisena. Ja toisaalta ehkä oleellista näissä meidän malleissamme on se lopullinen vahvistuksen kautta opittu käyttäytyminen. Ei niinkään ne tarkat mekanismit, millä algoritmimme tai sitten ihmisen mieli tai aivot oppivat. Mutta jos mietitään tuota vahvistusoppimista vähän tarkemmin, niin siinähan tosiaan ajatus on, että

tämä ympäristössä toimiva, kutsutaan sitä usein agentiksi, eli jonkinlainen olento, joka pystyy tekemään erilaisia valintoja siellä ympäristössä, niin se miten tämä agentti oppii, niin toisaalta se oppii oman toimintansa seuraukset. Eli se näkee, että tietyissä tilanteissa tietynlaiset toiminnot johtavat tietynlaisiin toisiin tilanteisiin siinä ympäristössä. Ja toisaalta se agentti saa sieltä ympäristöstä silloin tällöin myönteisiä tai kielteisiä palautteita, eli että tämä oli hyvä, tämä tilanne on halujeni ja toiveitteni mukainen tai vastainen. Näin se agentti pystyy vuorovaikuttamalla ympäristönsä kanssa havaitsemalla tekojensa seurauksia, alkaa luomaan tällaista yhä parempaa ja parempaa toimintasääntöä itselleen. Ja noudattamalla tätä toimintasääntöä agentti pystyy omien kykyjensä ja oman tietonsa rajoissa tietenkin maksimoimaan saadun myönteisen palautteen ympäristöstä. Eli nyt vaikka jos palataan tähän tekstinsyöttömalliin, minkä rakensin, niin siinä ajatus on, että se agentti pyrkii oppimaan, käyttämään omia kognitiivisia resurssejaan sillä tavalla, että se kirjoittaa tässä tekstinsyöttötehtäväympäristössä mahdollisimman tehokkaasti. Eli tämä agentti saa myönteistä palautetta siitä, että se on onnistunut kirjoittamaan jonkin lauseen älypuhelimella, mutta toisaalta se saa kielteistä palautetta sitten ajasta, jonka se on käyttänyt tähän lauseen kirjoittamiseen ja virheistä, joita siinä lauseessa on, kun se on lopulta sen kirjoittanut. Ja näin se agentti pikkuhiljaa oppii, että on tietty hyvä nopeus sormelle, jolla kannattaa kirjoittaa, jotta ei ole liian hidas, mutta jotta ei tule liikaa virheitä. On tiettyjä tilanteita, jolloin on hyvä tehdä oikolukua, koska niitä virheitä kuitenkin silloin tällöin tulee. Ei kannata kirjoittaa niin hitaasti, että koskaan ei tule virheitä. On itseasiassa fiksumpaa silloin tällöin tehdä virheitä, koska kyllä ne virheet sitten löydetään, ja ne voi sitten korjata. Ja se agentti ikään kuin tällä tavalla ympäristönsä kanssa vuorovaikuttaessaan oppii, että mitkä ovat parhaat strategiat tämän tehtävän toteuttamiseen. Käytämme tämän tyyppisessä tutkimus- ja mallinnusparadigmassa semmoista käsitettä kuin bounded optimality tai bounded rationality. En ole ihan varma, miten suomentaisin sen tarkkaan. Se on jollain tavalla niin kuin rajattu optimaalisuus tai rajattu rationaalisuus. Eli väitämme kyllä, että ihmiset ovat rationaalisia, tai jopa optimaalisia, mutta emme väitä, että ihmiset olisivat superkoneita. Eli ihmisten optimaalisuus on siinä, että ihmiskognitio kykenee löytämään sellaisia toiminnan sääntöjä, eli ajattelun sääntöjä, mutta myös fyysisen käyttäytymisen sääntöjä, havaitsemisen sääntöjä, jotka tämän ihmiskognition asettamissa rajoissa ja ympäristön asettamissa rajoissa johtaa ihmisen tavoitteisiin. Eli kun ihmisen tavoitteet muuttuvat, tai ihmisen kapasiteetti muuttuu esimerkiksi oppimisen tai ikääntymisen seurauksena. Ja kun tehtäväympäristö muuttuu, niin ihmisen mieli joutuu taas uudelleen keksimään, että mikä on se toimiva sääntö käyttäytymiselle ja ajattelulle, jonka avulla tämä ihminen pääsee tavoitteisiinsa. Ja se, mitä minä esimerkiksi teen, kun tutkin laskennallisen kognitiotieteen menetelmin ihmisajattelua ja älykkyyttä, on että pyrin implementoimaan tämän prosessin tietokoneohjelmana, jotta pystyn tietokoneohjelman avulla tutkimaan, miten ihmiset tällä tavalla rajatusti ja rationaalisesti oppivat vuorovaikuttamaan hyvin erilaisten tehtäväympäristöjen kanssa.

Joonas: Eli vastaako tämän mallin oppiminen ihmisen oppimista?

Jussi: Ei oikeastaan. Vaikka, kuten mainitsin, käytämme vahvistusoppimista malliemme mekanismina oppia, ja ihmisaivotkin kyllä jollakin tavalla toteuttaa biologisella tasolla vahvistusoppimista, niin emme varsinaisesti väitä, että se miten mallioppimme, olisi juuri se, miten ihminen oppii. Esimerkiksi tässä meidän tekstinsyöttömallissa, niin tämä agentti, se miten se kirjoittaa lauseita, niin se periaatteessa lähtee täysin tyhjästä. Se ei tiedä mitään, se ei tiedä että mitä tästä painikkeesta tapahtuu, se ei tiedä mitä sen täytyy tehdä, että se saa tavoitteensa toteutettua. Se alkaa vuorovaikuttaa täysin sokeana ympäristön kanssa, ja pikku hiljaa se alkaa luoda sinne sellaisia toiminnan sääntöjä, jotka auttavat sitä sitten eteenpäin kohti tavoitetta. Tämä ei ole varsinaisesti se, miten voidaan kuvitella, että kukaan meistä on oppinut syöttämään tekstiä älypuhelimella. Se, missä ihmiset ovat tosi hyviä, on että he tulevat erilaisiin, hyvinkin uusiin tehtäväympäristöihin valtavan tietovarannon

kanssa. Heillä on kokemuksia aiemmista tehtävistä, aiemmista ympäristöistä, ja he pystyvät hyödyntämään näissä opittuja yleisiä tietoja, soveltamaan niitä tietoja näissä uusissa tehtäväympäristöissä. Meidän mallit eivät tyypillisesti tee näin, vaan kuten sanoin, ne aina oppivat tekemään vain yhdessä tietyssä tehtäväympäristössä tehtäviä hyvin. Meidän mallit eivät siis ole tällaista yleistä älykkyyttä, artificial general intelligence, jossa tämä malli pystyisi tekemään hyvin erilaisia asioita. Esimerkiksi meidän tekstinsyöttömalli ei osaa mennä tekemään web-hakua. Sillä ei ole minkäänlaisia kyvykkyyksiä, ja se ei ole millään tavalla oppinut, että miten se tekisi tämän tehtävän. Tietenkin tulevaisuudessa sellainen asia, mitä me haluamme, ja mitä aion henkilökohtaisesti myöskin kognitiotieteellisessä tutkimuksessani edistää, on laajentaa tätä mallinnusta siihen, että voimme oikeasti myöskin analysoida tämänkaltaista tiedon ja osaamisen siirtoa tehtävästä toiseen. Voimme luoda yhä yleisempiä malleja, joilla voidaan simuloida, ei vain sitä, miten ihmiset mukautuvat vaikka erilaisiin tekstinsyöttökäyttöliittymiin, vaan ihan sitä, että entä jos agentti alistetaan täysin uudenlaisille tehtäville, niin miten se alkaa tutkia sitä tehtävää, jotta se tehokkaasti oppii tekemään sen.

Joonas: Eli voitaisiinko tätä mallia sitten viedä johonkin toiseen ympäristöön? Eli voidaanko tälle käyttää tällaista transfer learningia? Eli oppia tekstinsyöttöä, mutta sitten käyttää tätä mallia jossain muualla, tai soveltaa tätä mallia johonkin muuhun?

Jussi: Ei oikeastaan. Tuo mainitsemasi ongelma on hyvin kriittinen tällä hetkellä olemassa oleville kognitiivisille laskennallisille malleille. Ja se on myöskin koneoppimisessa tunnistettu ongelma, että kuinka tällaiset älykkäät agentit kykenevät siirtämään yhdessä tehtäväympäristössä opittua tietoa toiseen tehtäväympäristöön. Se on hyvin kuuma tutkimusaihe tällä hetkellä, ja siitä on kyllä tehty myös edistyksiä. Mutta erityisesti kognitiotieteen puolella, missä tietenkin haluamme näiden edistysten jollain tavalla kertovan meille, että miten ihmiset pystyvät tekemään tätä mainitsemasi transfer learningia. Niin tässä ollaan kyllä vielä aika alussa tässä tutkimuksessa. On olemassa joitain viimeaikaisia, hyvin mielenkiintoisia mallinnustutkimuksia, missä käsitellään sitä esimerkiksi, miten ihmisen hierarkinen oppiminen auttaa tehtäväympäristöstä toiseen siirtyessä. Eli jos vaikka suunnittelet matkaa kotoa yliopistolle, niin et missään nimessä mieti jokaista pientä fyysistä liikettä, jokaista askelta, jokaista kädensiirtoa, jonka teet liikkuessasi kotoa yliopistolle, vaan mietit hyvin korkeamman tason abstraktiolla. Eli voit miettiä, että ensin ovesta ulos ja sitten bussipysäkillä, ja sitten bussiin, ja sitten ollaankin jo kampuksella ja bussista pois ja niin eteenpäin. Ja sitten nämä todella luontaisesti ja dynaamisesti nämä eri abstraktiotasot meidän tehtävän eri vaiheissa ja suunnittelun eri vaiheissa mukautuu. Eli kun olemme nousemassa bussiin, niin meillä on sitten hyvin selkeä käsitys siitä, että askelma rapulle ja sitten matkakortti bussin lukijaan. Mutta meidän ei tarvitse tätä vaihetta miettiä, kun me kotona mietimme, miten menemme yliopistolle. Eli miten me laskennallisesti pystymme mallintamaan tätä, niin on olemassa alustavia malleja siitä esimerkiksi, että miten näitä erilaisia hierarkioita voidaan tuottaa riippuen siitä, että minkälaisia erilaisia tehtäviä tässä agentin maailmassa on. Eli että se agentti oppii luomaan oikean määrän oikean kaltaisia hierarkioita, jotta sen suunnittelu on tehokasta, mutta jotta se pystyy suunnittelemaan mahdollisimman tarkasti silloin kun on tarve tällaiseen hienomotoriseen toimintaan. Mutta tosiaan näissä ollaan aika alussa, eli vaaditaan vielä aika paljon, että pystytään siirtämään vaikka tämä malli tekstinsyötöstä, tämän tekstinsyötön aikana mallin kyvykkyydet, joita tämä malli on oppinut, johonkin täysin toisenlaiseen tehtävään, esimerkiksi jonkin tietokonepelin pelaamiseen.

Joonas: Haluan palata vielä siihen rajapintaan, mikä on tämän mallin ja sen itse tekstinsyötön välillä. Mitä tämä malli näkee, mihin se pääsee käsiksi? Se ei alussa tiedä mitään, mutta miten se vaikuttaa siihen tekstinsyöttöön?

Jussi: Tuo on todella oleellinen kysymys. Eli mehän haluamme, että se malli simuloi lopulta sitä, miten ihmiset esimerkiksi syöttävät tekstiä. Näin ollen sen tehtävän täytyy olla saman kaltainen kuin ihmisillä. Tieteenkään emme voi antaa sille mallille älypuhelinta ja sanoa että opi, koska ei sillä mallilla ole sormia eikä silmiä oikeasti, se on vain tietokoneen sisällä tapahtuva simulaatio. Mutta kyllä se vähän lähtee sellaisesta peliohjelmoinnista liikkeelle, eli ohjelmoimme tämä tekstinsyötön ikään kuin pelinä. Se on ehkä ihmiselle vähän tylsä peli, mutta... Siinä on peliruutu siellä tietokoneen sisällä ja siinä on älypuhelin, ja sitten tällä pelaajalla on sormi, jota voi liikuttaa, silmät, joita voi liikuttaa, ja näiden perusteella sille pelaajalle syntyy erilaisia tietoja koskien sitä tehtäväympäristöä. Esimerkiksi jos silmän liikuttaa tekstikentälle, johon ilmestyy kirjoitettu teksti, niin se pelaaja tietää, että mitä se on tällä hetkellä kirjoittanut sinne kentälle, ja voi verrata tätä siihen tavoitetekstiin. Ja sitten tämä ikään kuin tietokonepeli annetaan luomallemme mallille, ja malli voi alkaa ikään kuin pelaamaan sitä peliä, ja oppimaan että minkälaisin toimitasäännöin tästä pelistä saa mahdollisimman hyvät pisteet.

Joonas: Eli tässä tutkimuksessasi ollaan kuitenkin kiinnostuttu siitä, että miten ihmiset käsittelevät tätä tekstinsyöttöä, ja miten heillä voi olla yksilöllisiä eroja. Miten kuitenkin tätä samaa ikään kuin peliä pelatessa voidaan tämmöisiä mallintaa?

Jussi: Se pelaaja on parametrisoitu, eli meillä on joukko parametreja, jotka määräävät miten tämä laskennallinen kognitiivinen malli ja sen tehtäväympäristö rakennetaan. Esimerkiksi silmän kykyä havainnoida ympäristöä voidaan muokata. Voidaan tehdä tästä agentista ikään kuin likinäköinen, mikä sitten aiheuttaa sen, että agentti joutuu oppimaan mahdollisesti hyvin erilaisen toiminnan säännön tehdäkseen tätä tehtävää tehokkaasti. Tämä agentin sormi, jolla se koskettaa älypuhelinta ja syöttää tekstiä, niin me voimme lisätä siihen esimerkiksi vapinaa, joka simuloi sitä, miten ihmisillä joilla on esimerkiksi essentiaalinen vapina, niin kuinka tällä ihmisellä sormi tyypillisestikin vapisisi. Ja nyt, kun se agentti sitten yrittää oppia syöttämään tekstiä tehokkaasti, niin se toiminnan sääntö on todennäköisesti taas hyvin erilainen, kun hänellä on ikään kuin rajoite siitä, että sormi ei ole kauhean tarkka. Niin kauan kun tämmöinen inhimillinen ominaisuus, jossa havaitsemme populaatiossa yksilöllisiä eroja, on jollain tavalla ilmaistavissa parametrina, joka vaikuttaa ikään kuin uskottavasti tämän mallin käyttäytymiseen, voimme myöskin simuloida miten ihmiset mukautuvat tällaisen kyvykkyyden tai rajoitteen olemassaoloon, ja miten se sitten lopulta vaikuttaa ihmisen käyttäytymisessä.

Joonas: Miten voi varmistaa sen, että tuon mallin ennustama tekstinsyöttö vastaa ihmisen tekstinsyöttöä?

Jussi: Se on tosi tärkeää, koska kyllähän me haluamme, että nämä mallit vastaavat sitä, miten ihminen käyttäytyy. Lopulta tietenkin, jotta voimme vaikka julkaista näitä malleja, meidän täytyy osoittaa, että mallin tuottama käyttäytyminen vastaa ihmisen käyttäytymistä. Kun vaikka mainitsin tästä tutkimuksesta, jossa seurasimme tarkkaan ihmisten silmän liikkeitä ja sormien liikkeitä, kun he kirjoittavat älypuhelimella, niin mehän sitten ihan tuotimme vastaavan kaltaista dataa tästä simulaatiomallista. Eli tarkkailimme miten tämän simulaatiomallin silmät liikkuu ja sormet liikkuvat, ja sitten analysoimme, vastaavatko nämä liikkeet riittävästi toisiaan, eli simuloidut liikkeet ja ihmisten tekemät liikkeet silmillä ja sormilla. Ja ne kyllä vastasivat. Ja se, mikä antaa meille aika paljon varmuutta odottaa tämmöisiä käyttäytymisen vastaavuuksia, on se, että näissä laskennallisissa kognitiivisissa malleissa se mallin rakentaminen ei tule vain jostain hatusta, että minkälainen agentti nyt voisi tehdä tätä tehtävää. Aina vedotaan kirjallisuuteen esimerkiksi siitä, että miten ihmisen sormi liikkuu, miten ihmisen silmät liikkuvat, minkälaiselta alueelta ihmisen silmä pystyy tarkasti saamaan tietoa ilman, että se joutuu tekemään hypähdyksen toiselle alueelle. Ja

sitten nämä parametrit, esimerkiksi että kuinka tarkka ihmisen sormi on, näitä voidaan löytää kirjallisuudesta, viitearvoja, ja näin ollen sitten voimme luoda tästä mallista ensin sellaisen tyypillisen käyttäjämallin ja ennustaa kuinka tyypillinen käyttäjä toimii. Sitten voimme varioida tämän mallin käyttäytymistä esimerkiksi löytämällä kirjallisuudesta juuri tällaisia äärimmäisiä parametriarvoja esimerkiksi sormen vapinalle. Sitten voimme ennustaa, mitkä ovat tämän mallin ennustamat rajat ihmisen vastaavalle käyttäytymiselle, ja tarkastella sitten ihmisdatasta, että vastaavatko nämä ennusteet sitten todellisuutta. Tällä tavalla voimme haarukoida sitä, että tämän mallin tuottama käytös on tosiaan ihmisen kaltaista käytöstä hyvin erilaisissa tilanteissa. Mitä voimme vielä tehdä, on että voimme muokata sitä itse käyttöliittymää, eli tässä tapauksessa tätä älypuhelimien näyttöä. Esimerkiksi että kuinka suuria näppäimet ovat, kuinka suuri itse laite on, onko sinne jotain älykkäitä tekstinsyöttöavusteita, kuinka ne kirjaimet on ryhmitelty näppäimistöille. Voimme edellyttää, että tämä malli ennustaa samankaltaista käyttäytymistä, mitä olemme ihmisiltä havainneet, kun heille esimerkiksi tarjotaan tämän tyyppinen älykäs tekstinsyöttöominaisuus. Eli hyvin monen kaltaisia testejä, mille nämä meidän malliennusteet altistetaan, ennen kuin voimme väittää todella, että mallimme syöttää tekstiä kuten ihmiset syöttävät.

Anna: Olet tässä aika paljon painottanut sitä, että HCI:ssa tai kognitiotieteessä on tärkeää aina se käytännön teknologian suunnittelun ongelma. Niin mitä käytännön hyötyä näistä malleista sitten on, minkä takia tätä tutkimusta on tehty, ja mihin tämä tutkimus voi viedä tulevaisuudessa?

Jussi: Se on ihan totta, että aina kun luomme erilaisia malleja, niin haluamme jollain tavalla perustella tämän mallin kehittämistä sen kautta, että se auttaa meitä myöskin kehittämään parempaa teknologiaa. Tyypillisesti, kun suunnittelija miettii, että miten voisin vaikka parantaa tätä käyttöliittymää, jota olen luomassa, niin hänelle on jokseenkin intuitiivinen ymmärrys käyttäjästä ja käyttäjän kognitiivista kyvyistä ja käyttäjän tavoitteista. Ja suunnittelijat ovat todella taitavia muokkaamaan tämän intuitiivisen, ikään kuin teorian, käyttäjästä erilaisiksi käyttöliittymäratkaisuksi. Mutta mitä tällainen laskennallinen kognitiivinen malli voi tuoda tähän taitoon lisäksi, on että se kuitenkin formalisoi näitä intuitiivisia teorioita eksplisiittiseksi teoriaksi. Eli nyt, vaikka kun mallinnetaan ihmisen tekstinsyöttöä, niin tällaisen mallin avulla tekstinsyöttöapuvälineiden suunnittelija voi esimerkiksi kysyä siltä mallilta, että jos tuon tällaisen älykkään tekstinsyöttöjärjestelmän suunnittelemani näppäimistöön mukaan, niin kuinka käyttäjät tämän mallin ennusteen mukaan oppivat käyttämään sitä. Kuinka he mukautuvat, minkälainen on käyttäytyminen sen jälkeen, kun he ovat oppineet käyttämään tätä älykästä järjestelmää. Ja sitten jos malli sanoo, että tämä ei itseasiassa nopeuta tekstinsyöttöä ollenkaan, tai tämä aiheuttaa liikaa virheitä, niin se suunnittelija voi ehkä sitten saada ideoita, että miten hän voisi suunnitella paremman ratkaisun. Tai voi olla, että sieltä tulee vastaukseksi, että tämä on todella hyvä ratkaisu. Sitten jos mennään vielä vähän pidemmälle, niin suunnittelijoillahan on ikään kuin tällainen intuitiivinen suunnitteluavaruus, joka käsittää kaikki mahdolliset ratkaisut koskaan, joillain tietyillä dimensioilla. Esimerkiksi että näppäimistössä ne eri näppäimet voi olla tietyllä tavalla sijoiteltu, ne voivat olla eri kokoisia, niissä voi olla eri värejä tai eri symboleja, jotka auttavat kiinnittämään huomiota. Ja näistä kaikista erilaisten ratkaisujen kombinaatioista syntyy ihan mielettömän suuri suunnitteluavaruus. Ja suunnittelijat ovat tietenkin taitavia käymään tätä avaruutta läpi, ja löytämään sieltä fiksuja ratkaisuja. Mutta kukaan ihminen ei ikinä pysty millään tavalla systemaattisesti ja muodollisen pätevästi käymään läpi tätä avaruutta ja löytämään sieltä parhaita mahdollisia pisteitä, ikään kuin semmoisia suunnitteluita, jotka voittavat kaikki muut vaihtoehtoiset suunnitteluratkaisut. Mutta mitä me tällaisen mallin avulla voimme tehdä, on että voimme tosiaan tutkia tätä suunnitteluavaruutta, voimme yhdistää jonkin näköiseen kombinatoriseen optimointiongelmaan tämän mallin. Eli tämä malli antaa palautetta erilaisille

suunnitteluratkaisuille, koska tämä mallihan simuloi ihan minkä tahansa, vaikka tekstinsyöttökäyttöliittymän kanssa, miten ihmiset siinä syöttävät tekstiä. Meidän ei tarvitse rekrytoida koehenkilöitä, että mitä jos teen tämmöisen muutoksen, niin mitä sitten tapahtuu, vaan me voimme kysyä siltä mallilta, koska se malli perustuu kognitiotieteelliseen teoriaan siitä, miten ihminen mukautuu erilaisiin käyttöliittymiin. Ja voimme tämmöisen koneellisen optimoijan ja mallin yhteistyöllä alkaa tuottaa tästä suunnitteluavaruudesta sellaisia pisteitä, jotka ovat erityisen lupaavia. Me tuskin pystymme ikinä käymään koko avaruutta läpi, mutta fiksu optimoija tai fiksu koneellinen optimointialgoritmi alkaa löytää sieltä semmoisia paikkoja, mistä löytyy erityisen lupaavia suunnitteluita, ja voi sille suunnittelijalle esimerkiksi huomauttaa, että oletko kokeillut tämän tyyppisiä ajatuksia, että nämä voisivat olla tosi fiksuja. Eli tällä tavalla voimme konkreettisesti tukea suunnittelijan ajattelua käyttämällä laskennallisia kognitiivisia malleja.

Anna: No onko sitten jotain sellaisia konkreettisia esimerkkejä, mitä pystyisit antamaan?

Jussi: No esimerkiksi tästä tekstinsyötöstä, niin me tosiaan sitten aloimme miettiä, että ihminen, jolla on vapinaa, niin kuin essentiaalinen vapina sormessa, niin hänen on hyvin vaikea syöttää tekstiä. Ja tietenkin ensimmäinen intuitiivinen ratkaisu on, että no laajennetaan näiden näppäinten kokoa, jotta niihin on helpompi osua. Mutta sitten se toisaalta älypuhelimien tapauksessa tuo ongelman, että sen älypuhelimien pinta-ala ei riitä. Ja on olemassa erilaisia suunnitteluratkaisuja esimerkiksi yhdistää useampi kirjain yhden näppäimen alle, mutta tästä tulee aika nopeasti aika suuri suunnitteluavaruus, niin käytimme tätä tekstinsyöttömallia ja parametrisoitiin se siten, että sillä on verraten suuri vapina sormessa, joten se simuloi tällaista käyttäjää, jolla on essentiaalinen vapina. Ja sitten aloimme koneellisesti tutkia tätä suunnitteluavaruutta läpi, pyytäen siltä mallilta aina palautetta erilaisista suunnitteluratkaisuista. Ja sieltä tuli sitten lopulta takaisin tästä prosessista semmoinen kokeellinen tekstinsyötönäppäimistö, jonka sitten testasimme, että se tosiaan toimii ihmisillä, joilla on essentiaalinen vapina, ja he pystyvät syöttämään sillä tekstiä paremmin kuin normaalinäppäimistöllä.

Anna: Tutkit tietysti muutakin kuin pelkästään tekstinsyöttöä, niin mihin tutkimuksesi tällä hetkellä keskittyy ja mitä olisi toiveissa tulevaisuudessa tutkia?

Jussi: Näillä laskennallisilla malleillahan voi tosiaan simuloida hyvin erilaisia teknologian vuorovaikutustilanteita, että tekstinsyöttö on ollut minulla hyvin pitkään iso osa tutkimustani ja mallinnustyötä. Tämän lisäksi olen mallintanut sitä, miten ihmiset multitaskaa ajaessaan autoa. Eli jakaa tarkkaavaisuutta johonkin sekundaariseen tehtävään, niin kuin vaikka näppäilee älypuhelimella samalla kun ajaa. Näitä malleja voidaan käyttää kuitenkin oikeastaan ihan minkä vain vuorovaikutteisen tehtävän simulointiin. Olen itse tällä hetkellä hyvin paljon kiinnostunut siitä, että voidaanko me tällaisten mallien avulla luoda jonkinlaista konepohjaista ymmärrystä käyttäjästä. Eli mainitsin aiemmin, että näitä malleja voidaan parametrisoida yksittäisille käyttäjille. Ja mitä tällä hetkellä erityisesti tutkin, on sitä, että voidaanko oikean ihmisen käyttäytymistä havainnoimalla, jos jonkun laitteen kanssa vuorovaikutuksessa, parametrisoida laskennallinen malli tälle nimenomaiselle käyttäjälle. Jotta voisimme sitten käyttää kyseistä parametrisoitua mallia ennustamaan, että kuinka tämä käyttäjä esimerkiksi reagoi johonkin käyttöliittymän muutokseen tai kuinka tämä käyttäjä tulee toimimaan jossain kuvitteellisessa tilanteessa, jotta me voimme sitten valmistautua tähän tilanteeseen jo ennalta käyttöliittymäsuunnittelutasolla. Ja tietenkin se lopullinen tavoite, joka on vielä aika kaukana, on jonkinlainen ikään kuin yhteistyökykyinen älykäs kone tai sellainen tekoäly, jolla on syvälinen kyky toimia ihmisen kanssa. Eli ajatus on, että tällaisella älykkäällä koneella on sisäinen malli ihmisestä, jonka kanssa se vuorovaikuttaa. Ja tämä älykäs kone havaitsee ihmisen käyttäytymistä ja pystyy

tämän käyttäytymisen perusteella, vähän niin kuin ihmisetkin, tekemään päätelmiä siitä, että mitä tämä käyttäjä haluaa, mitkä tämän käyttäjän kyvykkyydet ja uskomukset ovat. Ja tämän perusteella se älykäs kone pystyy sitten mukautumaan esimerkiksi tarjoamalla oleellista tietoa käyttäjälle tai muuntamalla vuorovaikutustekniikoita tälle nimenomaiselle käyttäjälle parhaiten sopivaksi siten, että se kone aidosti palvelee käyttäjäänsä. Eli tämän jälkeen voidaan alkaa puhua semmoisista koneista, jotka oikeasti ymmärtävät ihmisiä. Tässähän kiteytyy oikeastaan se ajatus, minkä takia rakennan nimenomaan kognitiotieteellisiä laskennallisia malleja ihmisestä. Eli hyvin vahvasti uskon, että se, miksi ihmiset tulevat toimeen keskenään verraten hyvin, johtuu siitä, että ihmisillä on ikään kuin mielensä sisällä malli toisesta ihmisestä. He pystyvät ennustamaan, että jos teen näin, niin mitä tuo toinen tekee. Ja haluan antaa tämän saman kyvykkyyden koneille. Ja veikkaan, että kyvykkyys tulee kaikista parhaiten toteutettua, mikäli koneen sisäinen malli ihmisestä vastaa kognitiotieteellisen ymmärryksen valossa sitä, miten ihmisetkin mieltävät toisensa.

Joonas: Että tällä tekoälyllä olisi malli ihmisestä... niin tähän on mielestäni sitten ehkä tie tämmöiseen yleistettyyn tekoälyyn myös. Eli jos mennään vielä pidemmälle, niin sitten, jos sillä olisi käsitys koko maailmasta, tai isompi käsitys, niin sitten voisi ehkä puhua, että se olisi tämmöinen yleinen tekoäly, general intelligence.

Jussi: Toihan on hyvä pointti. Monestihan ajatellaan, että ihmisen kyky vuorovaikuttaa ympäristönsä kanssa ja juuri siirtyä tehtävästä toiseen todella sujuvasti, johtuu siitä, että ihmisellä on jonkinlainen intuitiivinen simulaatio maailmasta, ja ihminen pystyy suunnittelemaan tämän simulaation avulla aika tarkasti. Eli jos löydät itsesi jostain täysin uudesta ympäristöstä, missä voit kuitenkin periaatteessa olettaa, että fysiikan lait pätevät, jos päästät irti jostain kappaleesta, niin se putoaa, tai jos heität kappaleen joltain toista kappaletta vastaan, niin ne osuvat toisiinsa ja toinen kappale saattaa kaatua tai mennä rikki. Että sinulla on hyvin intuitiivinen ymmärrys siitä, miten vuorovaikutat todellisuuden kanssa. Ja kyllä olen samaa mieltä, että ainakin tässä meidän tosielämässä olevien tekoälyjen, eli puhutaan jonkinlaisesta robotiikasta, niin näillä tekoälyillä on oltava vastaavan kaltaisia intuitiivisia fysiikkakoneita. Ja silloin kun ne vuorovaikuttavat ihmisten kanssa, niin niillä on oltava myös intuitiivisia simulaatioita ihmisen mielen toiminnasta, jotta ne pystyvät toimimaan älykkäästi ja monissa mukautuvissa tilanteissa. Tuossahan olisi sellainen... varmaan tavoittelit juuri sitä ajatusta, että jos kone pystyy simuloimaan ihmisen mieltä todella realistisesti, eikö tämä simulaatio itsessään ole silloin vähän niin kuin ihminen. Se onkin todella kiehtova kysymys, mennään aika sci-fin puolelle, mutta siis se ei ole missään nimessä sellainen kysymys, joka olisi jäänyt kognitiotieteilijöiltä huomaamatta. Siitähän päästään kauhean mielenkiintoisiin filosofisiin pohdintoihin vaikka tietoisuudesta tai siitä, että mitä on olla ihminen tai voiko tekoäly koskaan olla ihmisen kaltainen tai tietoinen. Kun teen näitä laskennallisia malleja, niin en varsinaisesti ota kantaa niin syviin kysymyksiin, mutta toivon että minunkin työni osaltaan auttaa meitä ymmärtämään paremmin näitä hyvin syvällisiä kysymyksiä koskien ihmiselämää ja sitä miten ihmiset toimivat tässä todellisuudessa.

Anna: Todella kiehtovaa pohdintaa, ja ihan äärimmäisen mielenkiintoisia juttuja kyllä tutkit. Että mitä jos nyt joku kuulija innostuu tällaisesta aiheesta, ja on kiinnostunut mahdollisesti tekemään opinnäytetöitä tai vaikkapa hakemaan väitöskirjapaikkaa ryhmästäsi, niin miten, voiko ottaa yhteyttä?

Jussi: Totta kai voi ottaa yhteyttä, ja meidän kognitiotieteen tutkimusryhmän tutkimukseen voi tutustua nettisivuillamme. Tarjoamme kursseja, jotka käsittelevät aihetta, esimerkiksi juuri laskennallinen kognitiivinen mallinnus, ja ihan yleisemmin erilaiset kognitiotieteen keskeiset kysymykset on käsitellyssä useilla kursseilla. Sitten tietenkin kannustaisin

katsomaan kognitiotieteen ulkopuolellekin, filosofiassa voi käsitellä tällaisia asioita. Ja tietenkin tietotekniikassa, jos on kiinnostunut näistä koneoppimismenetelmistä sinänsä, ja niiden hyödyntämisestä, niin tämän tyyppiset opinnot menevät sitten tietotekniikan puolelle. Nykyäänhän netistä löytyy todella paljon hyviä tutoriaaleja erilaisten menetelmien oppimiselle, ja myöskin kognitiotieteen puolelta alkaa löytyä pikku hiljaa varsin hyviä oppimismateriaaleja, joita on netissä yleisesti saatavilla. Minähän kyllä etsin tälläkin hetkellä, ja hyvin usein meille tulee väitöskirjapaikkoja hakuun. Että jatko-opiskelijoita me rekrytoimme, ja kyllä minun jatko-opiskelijani pääsääntöisesti nimen omaan tekevät laskennallisia kognitiivisia malleja ja tutkivat juuri näitä kysymyksiä, joista olemme tänään keskustelleet.

Anna: Tähän on varmastikin hyvä lopettaa. Kiitos, Jussi Jokinen, että pääsit tänne meidän vieraaksi, ja...

Jussi: Kiitos kutsusta!

Anna: ...ja ei muuta kun hyvää syksyn jatkoa!

Jussi: Samoin teille!

Anna: Kiitos!

Joonas: Kiitos!