TEKOÄLY TIETEELLISESSÄ TUTKIMUKSESSA

Kai Puolamäki

Apulaisprofessori, FT, dosentti

Tietojenkäsittelytieteen osasto (CS) &

Ilmakehätieteiden keskus (INAR)

Helsingin yliopisto

Sisällys

Mistä on kyse 3

Tekoäly muutosvoimana 6

Viestit päättäjille ja kansalaisille 7

Kommentit liittyen erityisesti lausuttaviin asiakirjoihin 7

Mistä on kyse

Tekoälyn keskeiset ominaisuudet omasta näkökulmastasi. Mitä tekoälykysymyksiä tai sovelluksia erityisesti käsittelet?

Tässä kirjoituksessa keskityn tekoälyn käyttöön luonnontieteissä ja muissa mittauksiin ja mallintamiseen perustuvissa tieteenaloissa ja näkemykseeni tekoälyn mahdollisuuksista lyhyellä ja keskipitkällä aikavälillä.

Näen tekoälyn tieteellisessä tutkimuksessa nimenomaan **mahdollisuutena** ja tätä yritän jäljempänä avata. Kehitys on kuitenkin huimaavan nopeaa ja tästä syystä näen **suurimpana riskinä** sen, että huolimatta Suomen tekoälytutkimuksen ja muun tieteellisen tutkimuksen korkeasta tasosta emme onnistu hyödyntämään kaikkia tekoälyn mahdollisuuksia.

Tieteellinen tutkimus mahdollistaa korkeatasoisen **opetuksen** yliopistoissamme. Useat tieteellisen koulutuksen saaneet luovat uransa ja hyödyntävät oppimaansa yksityisellä tai julkisella sektorilla akateemisen maailman ulkopuolella. Siksi panostus tieteelliseen tutkimukseen hyödyntää suoraan myös tekoälyä hyödyntäviä yrityksiä ja muuta julkista sektoria.

Tekoälyn hyödyntäminen tieteenalalla voidaan näkemykseni mukaan jakaa karkeasti kolmeen vaiheeseen:

Ensimmäisessä vaiheessa sovelletaan olemassa olevia tekoälymenetelmiä ja laskennallisia käsitteitä sellaisenaan tai pienin muutoksin. Yksi tekoälymenetelmien hyödyistä onkin, että samoja menetelmiä voidaan usein soveltaa eri sovelluskohteisiin. Tietoaineistoja voidaan esimerkiksi analysoida visualisoinneilla tai ryhmittelyillä (klusteroinneilla). Voidaan rakentaa ennustavia malleja, joiden avulla esimerkiksi satelliittikuvista voidaan tunnistaa erilaisia piirteitä.

Toisessa vaiheessa kehitetään uusia menetelmiä ja laskennallisia käsitteitä, joilla voidaan tutkia ilmiöitä, joita aikaisemmin ei voitu tutkia. Tällainen työ vaatii usein hyvin läheistä ja pitkäjänteistä yhteistyötä tekoälytutkijoiden ja muun tieteenalan edustajien kanssa.

Kolmannessa vaiheessa tekoälymenetelmät ja laskennalliset käsitteet ovat erottamaton osa tieteenalan käsitteitä ja menetelmiä, samalla tavalla kuin matematiikan ja tilastotieteen hyvinkin syvälliset käsitteet ovat nykyään erottamaton osa luonnontieteitä ja tieteentekijöiden perusosaamista. Tällöin myös raja sen välillä mikä on tekoälyä ja mikä ”muuta” tiedettä hämärtyy.

Joillakin tieteenaloilla ollaan vasta aloittelemassa ensimmäistä vaihetta – vaikka tuskin enää löytyy luonnontieteen alan tutkijaa, joka voi jättää tekoälymenetelmät täysin huomiotta – toisilla ollaan jo pidemmällä, lähellä kolmatta vaihetta.

Tekoäly mahdollistaa siis parhaimmillaan vastaamisen aivan uudenlaisiin kysymyksiin, joita ei aikaisemmin ehkä osattu edes ajatella. Esimerkiksi pitkälle edenneestä tieteenalasta on bioinformatiikka, joka on syntynyt biotieteiden, matematiikan ja tietojenkäsittelyn (tekoäly) yhteistyöstä. Jos aikaisemmin kärjistäen voitiin tutkia yksittäisien geenien toimintaa, nyt tietojenkäsittelyn ja tekoälyn menetelmillä voidaan tutkia vaikkapa eliön kaikkien geenien vuorovaikutuksia yhdellä kertaa, mikä ei vanhoilla menetelmillä ollut lainkaan mahdollista. Tämä mahdollistaa syvällisemmän ymmärryksen biologisista prosesseista, mikä taas voi mahdollistaa esimerkiksi sairauksien tehokkaamman hoidon.

Erityisen arvokasta tämä tekoälyn tuoma potentiaali on maailmalle nykytilanteessa, jossa on ratkottavana monia vaikeita ongelmia, kuten ilmaston ja ekosysteemin muutokset. Näiden ongelmien ratkaiseminen ja hyvien päätösten tekeminen edellyttää laajojen järjestelmien ymmärrystä, missä tekoäly on arvokas työkalu.

Tekoäly ja **koneoppiminen**, joka on tekoälyn mahdollistava teknologia, ovat laajoja ja ei-tarkkarajaisia käsitteitä.

Kummassakin määrittelevänä ominaisuutena on, että mitä pidemmälle edetään, sitä abstraktimpia ongelmia voidaan ratkaista. Perustehtävä koneoppimisessa on esimerkiksi *luokittelu*, jossa tehtävänä voi olla vaikkapa luokitella satelliittikuvista maaperän tyyppejä. Sen sijaan että tietokoneeseen ”ohjelmoitaisiin” luokittelusääntöjä, annetaan tietokoneelle esimerkkikuvia, joissa on erilaisia maaperätyyppejä. Näiden perusteella tietokone ”oppii” ratkaisemaan tehtävän eli löytää automaattisesti ehkä hyvinkin monimutkaiset säännöt – tai tekoälykielellä ”mallin” – joiden perusteella kuvien luokittelu eri maaperätyyppeihin voidaan tehdä.

Yksi viimeisten vuosikymmenten merkittäviä kehityksiä on ollut hyvät **ohjelmistot** ja myös **laskentakapasiteetin** kasvu. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että osaava tekijä voi soveltaa edistyneitäkin tekoäly- ja koneoppimismenetelmiä suhteellisen pienellä vaivalla esimerkiksi edellä kuvatun kaltaisen ongelman ratkaisussa.

Tekoälymenetelmien vahvuus siis on, että ne pystyvät automaattisesti rakentamaan hyvinkin monimutkaisia säännöstöjä esimerkiksi yllä mainitun kaltaisen luokitteluongelman ratkaisemiseksi. Sanotaan, että monet (mutta eivät kaikki) tekoälymenetelmät ovat tästä syystä **mustia laatikoita**, joiden sisään ei näe eikä ole selvää millä perusteella ne toimivat.

Tekoälyjärjestelmien musta laatikko -luonne onkin yksi niiden suurimpia haasteita. Tieteessä tärkeää on paitsi tehdä hyviä ennustavia malleja myös ymmärtää näitä malleja. Miten tieteellinen tieto voi lisääntyä, jos mallin toimintaa ei voi ymmärtää? Miten voi luottaa tekoälymallin toimivan oikein varsinkin uusissa olosuhteissa, jos sen toimintaperiaatteet ovat hämärän peitossa? Tämä ongelma ei kuitenkaan koske vain tiedettä: täsmälleen sama ongelma on tullut vastaan myös automatisoidussa päätöksenteossa, jossa olisi tärkeää tietää, millä perusteilla tietojärjestelmä kulloinkin päätökseensä päätyy, olipa kyse sitten vaikkapa luottopäätöksen tekemisestä.

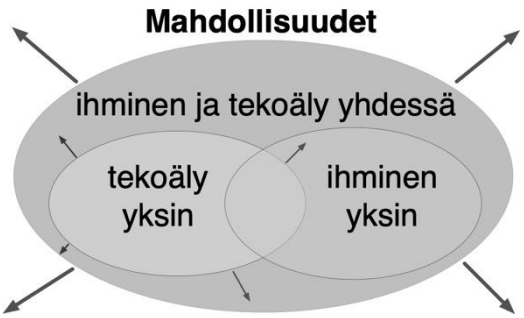
Tekoälymenetelmät yleensä ”oppivat” datasta. Ilman dataa ei voi oppia. Tästä syystä **avoin data** ja helposti saatavat tietoaineistot ovat olleet ja tulevat olemaan keskeisiä tekoälyjärjestelmien kehitykselle.

Tekoäly muutosvoimana

Miten tutkimasi tekoälysovellukset mielestäsi muuttavat maailmaa keskipitkällä aikavälillä? Mitä uusia mahdollisuuksia ja uhkia ne avaavat? Mitä johtopäätöksiä niistä tulisi vetää?

Kuten edellä kirjoitin, tämän kirjoituksen kontekstissa näen tekoälyn ensisijaisesti suurena mahdollisuutena. Suurin riski on, että jätämme mahdollisuudet hyödyntämättä.

Tekoälyn avulla voidaan hallita yhä suurempia kokonaisuuksia ja voidaan vastata haastaviin ja vaikeisiin kysymyksiin, joita aikaisemmin ei ehkä voitu edes esittää.



Itse näen yhtenä tekoälyn suurimpana haasteena ja siten myös kehitysmahdollisuutena nykyisten järjestelmien musta laatikko -luonteen. Uskon, että todellinen läpimurto saavutetaan, kun tekoälyn vahvuudet (suurten tietoaineistojen käsittely) voidaan yhdistää ihmisen vahvuuksiin (laaja-alainen asiantuntemus, arvot). Tekoälyn ja ihmisen yhteistyö mahdollistaa paljon enemmän kuin kumpikin yksin. Tämä on myös asia, jota Suomessa aktiivisesti tutkitaan, allekirjoittanut mukaan lukien.

Näen, että monella tieteenalalla olemme menossa kohti edellä mainittua kolmatta vaihetta ja **"virtuaalisia laboratorioita"**, joissa sen lisäksi että tutkitaan luontoa ja sen ilmiöitä tutkimme samalle tekoälyn ja laskennallisten simulaatioiden avulla rakennettuja malleja maailmasta. Itse esimerkiksi tutkin Suomen Akatemian rahoittamassa tutkimuksen huippuyksikössä ilmakehätieteisiin liittyvää virtuaalista laboratoriota.[1] Aivan samalla tavalla kuin tosielämän laboratorio tarvitsee mikroskooppinsa ja mittalaitteensa, myös virtuaalinen laboratorio tarvitsee tekoälytyökalunsa, joiden avulla tekoälyn avulla tehtyjä malleja ja siten luontoa ja muita tutkittavia ilmiöitä voidaan ymmärtää.

Tämä ymmärrys on tärkeää, paitsi tieteellisen tiedon lisääntymisen kannalta, myös jotta voimme vastata tosielämän vaikeisiin kysymyksiin, ilmaston ja ekosysteemien muutoksesta sosiaalisiin haasteisiin. Näihin ilmiöiden taustalla olevat prosessit ovat monimutkaisia ja ongelmien ratkaisu vaatii syvällistä ymmärrystä.

---

[1] Virtuaalinen laboratorio ilmakehän molekyylitason reaktioille ja faasimuutoksille, tutkimuksen huippuyksikkö, Suomen Akatemian huippuyksikköohjelma 2022-2029.

Viestit päättäjille ja kansalaisille

Mitä haluaisit kertoa tai vetää yhteen tekoälystä päättäjille ja kansalaisille (ml. mahdolliset toimenpide-ehdotukset)?

Asiantuntijoiden kouluttaminen on tärkeää. Erityisesti tarvitsemme huippuasiantuntijoita, jotka ymmärtävät sekä eri tieteenaloja että tekoälyä. Sen lisäksi, että digitaitoja opetetaan laajalti kansalaisille, eri alojen tieteelliseen koulutukseen tulisi sisällyttää peruskoulutusta tekoälytekniikoista ja syventävää koulutusta tulee kehittää, samalla tavalla kuin esimerkiksi matematiikan ja tietojenkäsittelyn opinnot ovat nykyään osa monen tieteenalan perustaitoja. Yliopistossa tutkimus ja opetus ovat sidoksissa toisiinsa. **Tutkimuksen tukeminen** tukee paitsi tieteellisen tiedon tuottamista ja tieteen kehitystä myös sitä, että yksityiselle ja muulla julkiselle sektorille saadaan laaja-alaisia asiantuntijoita, jotka osaavat soveltaa tekoälyä ja jotka voivat hyödyntää uusimpia tutkimustuloksia.

Avoin tiede, avoin data ja avoimet ohjelmistot ovat avainasemassa. Esteitä datan julkaisemiselle tulisi poistaa. Ainakin julkisin varoin tuotetun datan tulisi olla lähtökohtaisesti julkista ja rajoituksitta eri palveluissa hyödynnettävissä, ellei ole erillistä esimerkiksi yksityisyyden suojaan liittyvää syytä olla dataa. Datan lisäksi tarvitaan ohjelmistoja,[2] algoritmeja, ja ymmärrystä. Avoimet tekoälyohjelmistot muodostavat perustan tekoälyn käyttämiselle tieteissä, samalla tavalla kuin tieverkosto mahdollistaa helpon liikkumisen ja kaupankäynnin.

Tekoälystä tulee erottamaton osa tieteenalan käsitteitä ja menetelmiä, samalla tavalla kuin matematiikan ja tilastotieteen hyvinkin syvälliset käsitteet ovat nykyään erottamaton osa luonnontieteitä ja tieteentekijöiden perusosaamista. Raja sen välillä mikä on tekoälyä ja mikä ”muuta” tiedettä hämärtyy. **Virtuaaliset laboratoriot** ovat tulevaisuutta ja tätä kehitystä on yllä mainituin keinoin syytä tukea.

Tekoälyn monet potentiaaliset vaarat ja ongelmat tuttuja jo ajalta ennen tekoälyä, liittyen muun muassa yksityisyyden suojaan ja syrjintään. Tietojärjestelmien tekoälykomponentteja ja muita osia ei välttämättä ole helppo erottaa toisistaan ja siksi on varottava tekemästä sääntelyä erityisesti tekoälylle, ilman hyvää perustetta. **Saman sääntelyn pitäisi koskea tietojärjestelmiä yleisesti**, jos siihen on syytä, riippumatta onko niissä tekoälyä vai ei. Pahimmissa tapauksissa sääntely estää uusien teknologioiden ja niiden käyttöjen kehitystä. Erityisesti on huolehdittava, että sääntely ei tarpeettomasti estä tai vaikeuta tieteellistä tutkimusta.

Kommentit liittyen erityisesti lausuttaviin asiakirjoihin

E 48/2021 vp: Tavoite digitaalisesti osaavasta väestöstä ja pitkälle koulutetuista digialan ammattilaisista on kannatettava. Erityisesti tieteellisen tutkimuksen näkökul-

[2] Avoimella ohjelmistolla tarkoitan tässä avoimen lähdekoodin määritelmän mukaisesti lisensoituja ohjelmistoja, ks. https://opensource.org/osd

masta tavoite voisi olla vieläkin kunnianhimoisempi. Tarvitsemme huippuasiantuntijoita: eri alojen tieteelliseen koulutukseen tulisi sisällyttää peruskoulutusta tekoälytekniikoista ja syventävää koulutusta tulee kehittää, samalla tavalla kuin esimerkiksi matematiikan ja tietojenkäsittelyn opinnot ovat osa monen alan perustaitoja.

E 86/2021 vp: Tieteellisen tutkimuksen näkökulmasta datalla – varsinkin avoimella sellaisella – ja myös avoimilla ohjelmistoilla on aivan keskeinen rooli, vaikka niitä ei muistiossa mainitakaan. Konkreettisena ehdotuksena ainakin julkisin varoin tuotetun datan tulisi olla lähtökohtaisesti julkista ja rajoituksetta eri palveluissa hyödynnettävissä, ellei ole erillistä syytä olla dataa julkistamatta (esim. yksityisyyden suoja). Vastaava säännöstöhän on ollut jo kauan voimassa Yhdysvalloissa, jossa liittovaltion rahoituksella julkaistut aineistot ovat olleet lähtökohtaisesti vapaasti käytettävissä mihin tahansa tarkoitukseen. Tällä on ollut suuri merkitys paitsi tieteelliselle tutkimukselle myös erilaisten digitaalisten palvelujen kehitykselle.

E 62/2021 vp & U 28/2021 vp: Tekoälyjärjestelmät ovat usein erottamaton osa tietojärjestelmää ja yhä useampi tietojärjestelmä, myös tieteellisessä tutkimuksessa, sisältää tekoälykomponentteja. Tästä syystä tosiasiallisesti esitetty sääntely voi kohdistua tekoälymenetelmien käytön yleistyessä yhä useampiin tietojärjestelmiin. Johtuen tekoälymenetelmien integroinnista tietojärjestelmiin voi olla käytännössä myös vaikeaa erotella tekoälyjärjestelmä muusta tietojärjestelmästä, jolloin kirjelmässä (U 28/2021 vp, kappaleet 3.6-3.7) tekoälyjärjestelmän käytön keskeyttäminen voi käytännössä tarkoittaa koko tietojärjestelmän alasajoa. Tästä syystä en tässä näe välttämättä syytä erotella tekoälyjärjestelmiä tietojärjestelmistä yleisesti. Saman sääntelyn pitäisi koskea kaikkia tietojärjestelmiä, oli niissä tekoälyä tai ei.

Tieteellisen tutkimuksen osalta pitäisin tärkeänä sitä, että sääntelyllä ei turhaan rajoiteta tieteellistä tutkimusta ja järjestelmien kehittämistä ja tästä syystä tieteellisen tutkimuksen voisikin rajata sääntelyn ulkopuolelle tai ainakin kohdella sitä kevennetyllä sääntelyllä. Ymmärtääkseni lausuttavana olevan sääntelyn tarkoitus ei tämä olekaan.