

Johdatus tekoälyyn

Johdanto	3
Oppimateriaalin sisältö	3
Tärkeää	4
Pohdittavaa	5
Tekoälyn historiaa	6
Tekoälyn tärkeitä tapahtumia ja henkilöitä	8
Tärkeää	10
Pohdittavaa	10
Älykkyyden mallintaminen	11
Ihmisiälyn ja tekoälyn erosta	12
Ihmisen ja tekoälyn välinen vuorovaikutus	13
Tärkeää	13
Pohdittavaa	13
Logiikka tekoälyn taustalla	15
Perinteisen tekoälyn ja koneoppimisen suhde logiikkaan	16
Kritiikki älykkyyden koneellista mallintamista kohtaan	16
Tärkeää	18
Pohdittavaa	18
Koneoppiminen	19
Koneoppimisen eri lajeja	19
Ohjattu oppiminen	19
Ohjaamaton oppiminen	20
Vahvistusoppiminen	20
Esimerkkejä koneoppimisessa käytettävistä algoritmeista	20
Geneettiset algoritmit	20
Neuroverkot	21
Syväoppiminen	22
Taulukko perinteisen koneoppimisen ja syväoppimisen eroista	23
Tärkeää	24



Pohdittavaa	24
Tietokannat	25
Missä tietokannat sijaitsevat?	25
Miten tieto on tietokannassa?	26
Miten tietokantoja käytetään?	27
Tietokantojen ylläpitämiseen liittyvät tietoturvakysymykset	27
Tärkeää	28
Pohdittavaa	28
Konenäkö ja objektin tunnistus	29
Sovelluskohteet	29
Ihmisen havaintokykyyn kone ei vielä pysty	30
Tärkeää	31
Pohdittavaa	31
Luonnollisen kielen käsittely	32
Luonnollisen kielen eri tasot	33
Luonnollisen kielen käsittelyn vaiheet	34
Luonnollisen kielen käsittely tekoälysovelluksissa	34
Tärkeää	35
Pohdittavaa	35
Robottiikka	36
Ihmisrobotiikka	36
Robottiikkaan liittyvät filosofiset kysymykset	37
Tärkeää	38
Pohdittavaa	38
Lopuksi	39
Sanasto	40



Johdanto

Tekoälystä ja jopa sen vallankumouksesta puhutaan nyt kaikkialla. Toiset odottavat tekoälysovellusten ratkaisevan kaikki ihmisten ongelmat, toiset puolestaan pelkäävät sitä. Useimmat eivät tiedä tekoälystä tarpeeksi muodostaakseen selvää näkemystä. Varsinkin silloin tekoälyyn voi liittyä epäilyksiä. Tekoälyn toimintaperiaatteiden ymmärtäminen vaatiikin paneutumista. Ensinnäkin tekoälyn käsitteellä voidaan tarkoittaa monia eri asioita tietokonepelien sujuvuudesta oppiviin koneisiin. Riippuen siitä, kuinka käsite ymmärretään, tekoälyä on joko kaikkialla ympärillämme - tai sitten ensimmäistäkään aitoa tekoälysovellusta ei ole vielä luotu! Tekoälyn käsitteen ymmärtämistä vaikeuttaa myös se, että aiheesta kirjoitetaan usein teknisesti, mikä sulkee vähemmän tietotekniikasta tietävät ihmiset ulkopuolelle.

Samaan aikaan tarve ymmärtää tekoälyä ei ole koskaan ollut suurempi. Tekoälyn kehitys ei ole enää vain pienen tutkijajoukon kiinnostuksen kohde, vaan se on yhä enemmän tavallisten ihmisten ulottuvilla. Ennen kaikkea se vaikuttaa yhä enemmän tavallisen ihmisen arkeen.

Tämä oppimateriaali tarjoaa yleistajuisen katsauksen tekoälyyn ja sen mahdollisuuksiin. Materiaalissa käsitellään teknisiäkin asioita, mutta se pyritään tekemään ihmisen näkökulmasta. Kun tärkeimmät tekoälyyn liittyvät käsitteet ovat hallussa, pystyy opiskelemaan aiheesta lisää ja seuraamaan tekoälyyn liittyvää keskustelua. Tämä on tärkeää, koska tekoälyn kehitys on niin nopeaa, että sen tulevaisuudesta on vaikea sanoa mitään varmaa. Oppimateriaalin avulla lukija saa hyviä työkaluja muodostaa oman näkemyksensä tekoälyn luonteesta ja tulevaisuudesta. Tällöin voi halutessaan jopa itse vaikuttaa tekoälyn tulevaisuuteen.

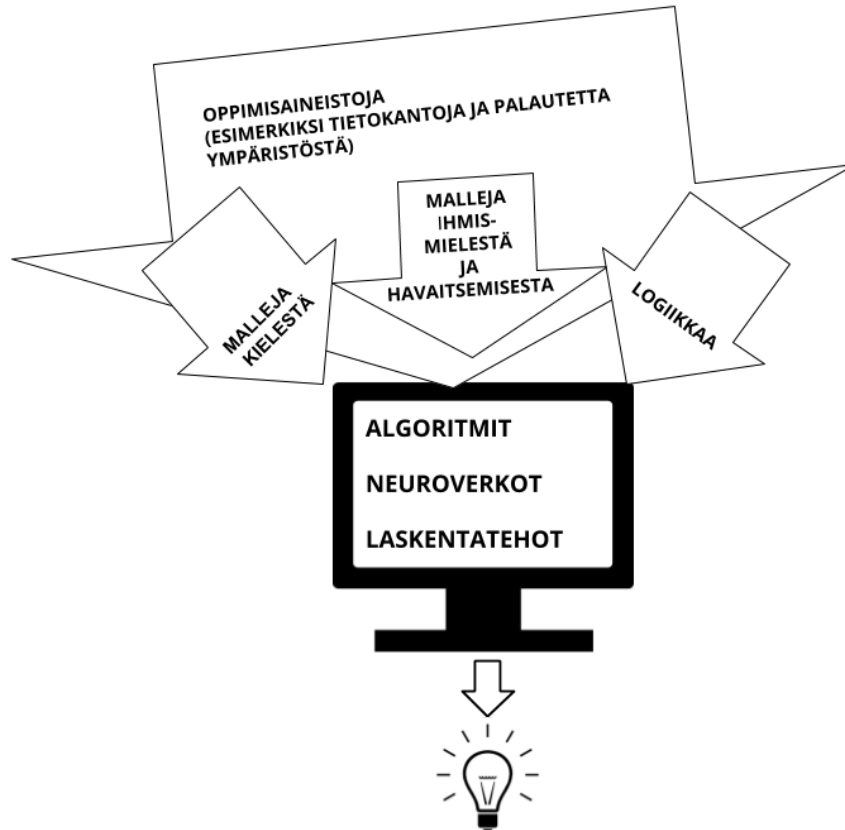
Oppimateriaalin sisältö

Oppimateriaalin aluksi muodostetaan kokonaisnäkemys aiheesta tutustumalla tekoälytutkimuksen ja siihen liittyvien lähitieteiden historiaan. Tämän jälkeen tutkitaan tutumpaa älykkyyden lajia eli ihmisen älykkyyttä. Mitä ihmisen älykkyys on ja miten sitä pitäisi kuvata, jotta sitä voisi jäljitellä koneellisesti? Samalla verrataan ihmis- ja tekoälyä ja käsitellään niiden välistä vuorovaikutusta. Seuraavaksi tutustutaan tietokoneiden toimintaan ja siihen, mitä älykkyyden mallintaminen koneellisesti vaatii. Koneoppimista käsittelevästä kappaleesta selviää, että kaikkia malleja ei tarvitse antaa tietokoneelle valmiina, vaan kone voi muodostaa myös itse omia mallejaan. Toisin sanoen tietokoneet voivat oppia uutta. Koneoppimista käsittelevä kappale on keskeinen, koska tietokoneiden kyky oppia on yksi tärkeimpiä tekoälyn kehitysaskelaita.

Koneoppiminen tarvitsee opetusmateriaalia samaan tapaan kuin ihminen tarvitsee oppikirjoja. Koneoppimisen tarpeisiin tätä materiaalia löytyy tietokannoista ja tämän



vuoksi niitä käsitellään omassa kappaleessaan. Tämän jälkeen tutustutaan erilaisiin tekoälyn osa-alueisiin ja sovelluskohteisiin konenäköä, kielen käsittelyä ja robotiikkaa käsittelevissä kappaleissa. Robotiikkaan tutustumisen yhteydessä mietitään lyhyesti myös tekoälyyn liittyviä eettisiä kysymyksiä.



Kuva 1. Tekoälyn tärkeimmät osatekijät

Tärkeää

Tämän materiaalin avulla oppija tutustuu:

- tekoälyn historiaan
- ihmisen älykkyyden mallintamiseen
- koneiden ja ihmisten väliseen vuorovaikutukseen
- tietokoneiden toimintaan
- koneoppimiseen ja syväoppimiseen
- tietokantoihin
- koneiden kykyyn havaita ja käyttää kieltä
- robotiikkaan



Pohdittavaa

Jokaisen kappaleen lopusta löytyy aiheeseen liittyviä pohdinta- tai tiedonhakutehtäviä. Tehtävät on jaettu alakouluun, yläkouluun sekä lukiolaisille ja aikuisille soveltuviin tehtäviin. Niitä voi tehdä itsenäisesti tai käyttää opetuksessa.

Lisätietoja eri aiheista löytyy sinisistä laatikoista.



Tekoälyn historiaa

Tekoälyn juuret ovat useilla eri aloilla kuten filosofiassa, logiikassa, matematiikassa, psykologiassa, tietojenkäsittelytieteessä ja kognitiotieteessä. Tekoälyn historian aloituspiste voidaan asettaa näistä tieteistä ensimmäiseen eli filosofiaan. Filosofia on saanut alkunsa kaiken olevaisen ihmettelystä. Tekoälyyn liittyen kiinnostavat kysymykset koskevat inhimillisen tiedon rajoja ja luonnetta. Filosofisesta pohdintaa tarvitaan edelleen tekoälyn rajojen ja luonteen määrittämiseen erityisesti siihen liittyvien eettisten kysymysten vuoksi.

Filosofiasta sai alkunsa myös logiikka, kun Antiikin Kreikassa 300-luvulla eaa kehitettiin ensimmäiset loogiset mallit päättelyyn liittyen. Logiikan kehitys vaikutti matematiikan ja sittemmin tietojenkäsittelytieteiden kehittymiseen. Varsinainen tekoälyn historia alkaakin digitaalisten tietokoneiden keksimisen myötä 1940-luvulla. Tietokoneiden kehittymiseen vaikutti tällöin merkittävästi brittiläisen Alan Turingin kehittelemät loogiset ja matemaattiset teorit siitä miten ja mitä kaikkea voidaan laskea. Tietokoneiden kehitykselle loi tarpeen toinen maailmansota, koska niitä tarvittiin salaviestien purkamista varten.

Varsinaisten tekoälysovellusten kehittäminen aloitettiin Yhdysvalloissa 1950-luvulla. Tietokoneiden kehittyminen oli ollut niin menestyksestä, että tekoälynkin uskottiin kehittyvän samaa tahtia. Tällöin vallinnut ihmiskuva vaikutti myös uskoon siitä, että älykkyyttä voitaisiin tehdä koneellisesti. Ihmisen käyttäytyminen nähtiin mekaanisena reagoimisena ärsykkeisiin; sellaisena sitä olisi helppoa mallintaa. Tekoälytutkimukseen liittyi suurta innostusta ja tutkimukseen panostettiin rahallisesti. Tekoälytutkijat ennustivat, että ihmisen älykkyyteen kykenevä kone olisi olemassa jo yhden sukupolven päästä.

Ensimmäiset tekoälysovellukset perustuivat loogiseen ohjelmointiin. Loogisessa ohjelmoinnissa ohjelmoija määrittää säännöt, joiden mukaan kone käsittelee sovittuja merkkejä. Useimmat sovellukset perustuivat **algoritmiin**, jolla oli jokin selkeä tavoite. Tekoälytehtävän

suorittamista saattoi verrata sokkelossa kulkemiseen; edetään askel askeleelta kohti maalia ja peruutetaan umpikujaan päädyttäessä. Tällaista perinteistä tekoälyä kutsutaan usein englanninkielisessä kirjallisuudessa termillä Good Old Fashioned AI (GOF AI), eli "vanha kunnon tekoäly". Ongelmana oli, että useimpien ongelmien kohdalla vaihtoehtoisten ratkaisujen määrä oli valtava. Määrää jouduttiinkin rajoittamaan käyttämällä ikään kuin oikoreittejä tai nyrkkisääntöjä, jotka ohjasivat ohjelmaa kohti oikeaa ratkaisua, vaikkakaan eivät taanneet sen saavuttamista. Esimerkiksi shakkiohjelman nyrkkisäännöksi ohjelmoitiin "suojele kuningatarta", koska se on yleensä

Algoritmi tarkoittaa yksityiskohtaista kuvausta tai toimintaohjetta jonkin tehtävän suorittamiseksi.



hyödyllinen taktiikka. Joskus kuningattaren uhraaminen voisi kuitenkin olla oikea ratkaisu.

Alkuaikojen logiikkaan perustuva tekoäly menestyi tarkasti rajatuilla ongelma-alueilla. Se oli hyvä ihmiselle vaikeissa tehtävissä kuten laskennallisissa ja geometrisissa ongelmissa. Ihmiselle lapsellisen helpot tehtävät, kuten esineiden tunnistaminen, eivät siltä kuitenkaan onnistuneet. 1970-luvulle tultaessa oli selvää, että tekoälyn hurjia odotuksia ei tulnaisi lunastamaan.

Perinteinen tekoäly kaatui ennen kaikkea siihen, että kaikkea ihmisen tietoa on mahdoton esittää sääntöinä. Vaikka tietokoneelle koodattaisiin kaikkien sanakirjojen kaikki tieto, niin se ei siltikään tietäisi kaikkea sitä, mitä ihminen tietää maailmasta. Ihminen tietää esimerkiksi, että mämmituokkonen painaa yleensä enemmän kuin lapanen, tai että koirat eivät nuku etikkakurkkupurkeissa.

1970-1980 seurasi tekoälyn kehityksen suhteen hiljaisempi kausi. 1980-luvulla kehitystä tapahtui lähinnä asiantuntijajärjestelmien parissa. Tekoälyä käytettiin esimerkiksi lääketieteellisten näytteiden tulkintaan. Ensimmäistä kertaa tekoälysovellukset olivat aidosti hyödyllisiä. Asiantuntijajärjestelmät toimivat, koska niissä rajoituttiin tarkasti rajattuun ongelma-alueeseen. Ohjelmat olivat myös suhteellisen yksinkertaisia ja helposti muokattavissa.

Tekoälyyn liittyvissä taustatieteissä tapahtui kehitystä myös vuosina 1970-1990:

- Tietokoneet ja niiden laskentatehot kehittyivät.
- Internet kehitettiin ensin yliopistoihin ja 1990-luvulta alkaen kaikkiin koteihin. Tietoa aletaan tallentamaan digitaalisesti yhä enenevässä määrin.
- Aivojen kuvantamismenetelmät kehittyivät ja ihmisaivoista saatiin paljon uutta tietoa.
- Ihmisen tiedollisia toimintoja tutkivan kognitiivisen psykologian ja kognitiotieteen asema vahvistui.

Mooren laki: 1970 -luvulta lähtien tietokoneissa käytettävien transistorien määrä on kaksinkertaistunut noin kahden vuoden välein. Transistorien määrä on yksi tekijä laskentatehon kasvamisessa.

Tämä kehitys johti 2000-luvulle tultaessa uuteen tapaan luoda tekoälyä. Tämä tapa perustuu siihen, että koneet oppivat itse, eikä niille tarvitse ohjelmoida kaikkea niiden osaamista. Oppiminen tapahtuu joko tilastomatematiikan tai verkottuneen ja monella eri tasolla samanaikaisesti tapahtuvan tiedonkäsittelyn avulla. Inspiraationa verkkomallille eli neuroverkoille olivat ihmisaivot, missä toisiinsa yhdistyneet aivosolut siirtävät signaaleja ja usein käytetyt yhteydet vahvistuvat. Metafora kääntyi toisinpäin; ihmistä ei enää pidetty tietokoneen kaltaisena vaan tietokoneen toimintaa suunniteltiin



ihmisen mallin mukaan. Nykyisen tekoälyn voikin ajatella perustuvan enemmän biologiaan kuin logiikkaan.

Koneoppimisen tärkein ominaisuus on se, että se pystyy käsittelemään epävarmuuksia ja todennäköisyyksiä. Tämän ansiosta epämääräinen ja monitulkintainen maailma ei ole sille mahdoton, kuten se oli perinteiselle logiikkaan perustuvalla tekoälylle. Monissa tehtävissä koneoppiva tekoäly onkin jo huomattavasti ihmistä parempi. Silti kaikki tekoälysovellukset edustavat edelleen niin sanottua heikkoa tekoälyä. Tämä heikkous on heikkoa vain suhteessa vahvaan tai yleiseen tekoälyyn (Artificial General Intelligence AGI), jolla tarkoitetaan ihmisen laaja-alaiseen älykyyteen kykenevää tekoälyä. Vahva tekoäly on toistaiseksi vain joidenkin tutkijoiden haaveena. Useimmat tekoälytutkijat eivät kuitenkaan välitä näistä määritelmistä vaan he pyrkivät tekemään toimivia sovelluksia miettimättä sitä, mikä on niiden suhde ihmisen kykyihin. Ihmisen älykkyys on kuitenkin se, minkä pohjalta älykkyys ymmärretään, ja tämän vuoksi on tärkeää miettiä ihmisen älykkyyttä ja sen mallintamista.

Tekoälyn tärkeitä tapahtumia ja henkilöitä

300-luku eea.

Antiikin Kreikassa mietittiin päättelysääntöjä ja logiikan kehittäminen alkoi

1400-luku

Kirjapainon keksiminen. Tiedon nopea monistamisesta tuli mahdolliseksi.

1600-luku

Blaise Pascal keksi koneen, joka laskee automaattisesti yhteen-, vähennys-, kerto- ja jakolaskuja. Kone toimi hammaspyörillä.

Thomas Hobbes julkaisi teoksen *The Leviathan*, joka sisälsi teorian mekaanisesta ajattelusta.

Gottfried Leibniz loi binäärisen lukujärjestelmän. Hän uskoi, että ihmisen ajattelu voidaan palauttaa laskutoimituksiin, joilla voisi ratkaista erimielisyyksiä.

1800-luku

Joseph-Marie Jacquard keksi ensimmäisen ohjelmoitavan laitteen eli reikäkorteilla toimivat automaattiset kangaspuut.

George Boole kehitti matematiikkaa tavalla, jolle perustuu nykyistenkin tietokoneiden toiminta.

1818 Mary Shelley julkaisi kirjan Frankensteinin hirviö. Kirjassa tunteva ja ajatteleva hirviö syntyy elottomista ruumiinosista tohtori Frankensteinin suorittaman kokeen tuloksena.

1837 Charles Babbage ja Ada Byron suunnittelivat ohjelmoitavan mekaanisen laskentakoneen nimeltä *The Analytic Engine*. Konetta ei koskaan valmistettu.

1920-luku



1921 esitettiin Karel Capekin näytelmä R.U.R (Rossum's universal Robots). Näytelmässä käytettiin ensimmäisen kerran sanaa "robotti".

1930-luku

1936 Alan Turing julkaisi artikkelin "On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem", missä hän hahmotteli tietokoneen toimintaperiaatteen ennen ensimmäistään tietokonetta.

1940-luku

1942 Tieteiskirjailija Isaac Asimov esitteli robotiikan kolme lakia, joiden mukaan toimivat robotit ovat turvallisia ihmisille. Lait ovat:

1. Robotti ei saa vahingoittaa ihmisolentoa tai laiminlyönnin saattaa tätä vahingoittumaan.
2. Robotin on noudatettava ihmisolentojen sille antamia määräyksiä, paitsi jos ne ovat ristiriidassa ensimmäisen lain kanssa.
3. Robotin on suojeltava omaa olemassaoloaan, kuitenkin siten, että sen toimet eivät ole ristiriidassa ensimmäisen ja toisen lain kanssa.

1943 tekoälytutkimuksen uranuurtajat Warren McCulloch ja Walter Pitts julkaisivat teoksen "A Logical Calculus of the Ideas Immanent in Nervous Activity", joka loi perustan neuroverkoille.

1944 Ensimmäinen ohjelmoitava digitaalinen tietokone Colossus otettiin käyttöön Isossa Britanniassa. Sitä käytettiin purkamaan Saksan armeijan salakirjoitettuja viestejä toisen maailman sodan aikana.

1945 Sodankäynnin tarpeisiin myös Yhdysvalloissa kehitettiin tietokone ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Computer).

1950-luku

Tekoälysovellusten kehittäminen aloitettiin Yhdysvalloissa Dartmouthin yliopistossa.

John McCarthy käytti ensimmäisen kerran termiä tekoäly.

Allen Newell, J.C Shaw ja Herbert Simon tekivät ensimmäiset tekoälyohjelmat "the Logic Theorist" ja "General Problem Solver".

1960-luku

Ensimmäinen teollinen robottiyritys Unimation perustettiin.

Thomas Evansin ohjelma ANALOGY osoitti, että tietokoneet pystyvät ratkomaan älykkyystestin ongelmia.

J. Alan Robinson kehitti mekaaniseen todistusmenetelmän nimeltä The Resolution method.

1965 Gordon E. Moore loi Mooren lakina tunnetun ilmiön, kun hän havaitsi mikropiireissä käytettävien transistorien määrän kaksinkertaistuvan noin vuoden välein. Hän muutti tarvittavan ajan kahdeksi vuodeksi 1975.

1969 tekoälytutkijat Marvin Minsky ja Seymour Papert julkaisivat teoksen Perceptron, joka osoitti yksinkertaisen neuroverkon rajoitteet. Teos pysäytti hetkellisesti neuroverkkojen kehittämisen.

Yhdysvalloissa pidettiin ensimmäinen kansainvälinen konferenssi tekoälystä.



1970-luku

Stanfordin yliopisto esitteli internetin esiasteen ARPAnetin .
Lääketieteellisiä diagnooseja muodostava INTERNIST-ohjelma kehitettiin.

1980-luku

Neuroverkkoihin perustuvat tiedonkäsittelyn menetelmät kehittyivät ja yleistyivät.
PC-koneet yleistyivät ja tietoa tallennettiin yhä enemmän digitaalisessa muodossa.

1990-luku

Koneoppimisen aikakausi alkoi.
1996 The Deep Blue shakkiohjelma voitti shakin maailmanmestarin.
Internetyhteydet tulivat yliopistoista tavallisten ihmisten käyttöön.

2000-luku

Itsestään ajavien autojen kehittäminen alkoi.
Tunteiden tunnistamiseen ja ilmaisemiseen liittyvä tekoälytutkimus kehittyi.
Robotti-imurit tulivat markkinoille.
Ihmismäisten kahdella jalalla liikkuvien robottien liikkumis- ja tarttumiskyky parani¹.

2010-luku

Syväoppimisen aikakausi alkoi
Googlen kehittämä AlphaGo-ohjelma voitti ihmisen vaikeassa go-pelissä.
Automaattinen kielenkääntäminen ja puheentunnistus kehittyi syväoppimisen ansiosta.²
Tekoäly kehittyi ihmistä paremmaksi tietyissä kuvantunnistukseen liittyvissä tehtävissä.³
Tekoälyyn liittyvät eettiset kysymykset nousivat yleiseen keskusteluun.

Tärkeää

Tekoälyn juuret ovat useilla eri aloilla kuten filosofiassa, logiikassa, matematiikassa, psykologiassa, tietojenkäsittelytieteessä ja kognitiotieteessä.

Nykyisen tekoälyn nopean kehittymisen taustalla ovat 2000-luvulla kehittyneet koneoppimisen ja erityisesti syväoppimisen menetelmät.

¹ Ks. esimerkiksi <https://www.darpa.mil/program/darpa-robotics-challenge>

² Ks. esimerkiksi <https://translate.google.com/>

³ Ks. esimerkiksi <https://aws.amazon.com/rekognition/>



Pohdittavaa

Yläkoulu, Lukio ja aikuiset

Valitse tapahtuma tai henkilö aikajanelta ja etsi siitä lisää tietoa hakukoneella. Tekoälyn historiassa tärkeitä henkilöitä ovat mm. Alan Turing ja Marvin Minsky.

Älykkyyden mallintaminen

Tekoälyä käsiteltäessä ei voida sivuuttaa ihmisen älykkyydestä puhumista, koska sen pohjalta arvioidaan se mitä pidetään älykkäänä. Yleisesti hyväksyttyä määritelmää ihmisen älykkyydelle ei ole annettu, mutta ainakin oppimis- ja ongelmanratkaisukyky sekä yleisemmin joustava sopeutuminen eri tilanteisiin ovat tärkeitä älykkyyden mittareita. Älykkyyttä voidaan ajatella olevan montaa eri lajia, kuten esimerkiksi kielellinen älykkyys ja sosiaalinen älykkyys. Tietyissä älykkyyden lajeissa, kuten matemaattis-loogisessa älykkyydessä, koneet ovat jo ohittaneet ihmisen älylliset kyvyt. Ihmisenkaltaisen yleinen älykkyys on toistaiseksi vielä vain joidenkin kunnianhimoisten tekoälytutkijoiden haaveena. Useimmille tekoälynkehittäjille tavoitteeksi riittää jonkin älykkyyden osa-alueen toteuttaminen tekoälyn avulla.

Tekoälyn taustalla on oletus, että ihmisen älykäs toiminta on **mallinnettavissa**. Tämä oletus on tehtävä, koska tietokoneiden käyttäminen edellyttää mallintamista; vain tarkasti määriteltyjä piirteitä voidaan simuloida koneellisesti. Tekoälyn kannalta olennaista ihmismielen mallintamista tehdään erityisesti kognitiotieteessä. Se on monitieteinen tieteenala, joka yhdistää filosofian, psykologian, tietojenkäsittelytieteen, kielitieteiden ja neurotieteiden tutkimustuloksia.

Mallintaminen tarkoittaa jonkin ilmiön tai systeemin olennaisten osatekijöiden ja suhteiden esittämistä mallin avulla. Esimerkiksi kartat, pienoismallit, tai matemaattiset mallit. Jotkut asiat ovat vaikeasti mallinnettavissa esimerkiksi niiden monimutkaisuuden takia. Esimerkiksi tietoisuutta on vaikeaa mallintaa.

Psykologiasta kognitiotiede erottuu keskittymällä kognitiivisiin toimintoihin eli havaitsemiseen, oppimiseen, muistiin, tarkkaavaisuuteen, päättelyyn, päätöksentekoon ja kielenkäyttöön. Kognitiotiede pyrkii myös mittauksissaan luonnontieteelliseen tarkkuuteen, toisin kuin osa psykologian koulukunnista. Toisin sanoen kognitiotieteessä mittaaminen ja tarkka mallintaminen ovat tärkeitä päämääriä. Kognitiotieteen tutkimusmenetelmiin kuuluvat muun muassa aivotutkimukset, psykologiset kokeet ja



tietokonesimulaatiot. Esimerkkinä kognitiotieteen tutkimuskohteesta voisi olla tarkkaavaisuuden kohdistuminen, kun autoa ajaessa käytetään kännykkää. Tätä voitaisiin tutkia esimerkiksi silmänliikkeitä mittaavalla kameralla ajosimulaattorissa.

Kognitiotiede pyrkii löytämään malleja sille, miten tietoa esitetään, prosessoidaan ja muokataan aivoissa. Älykkyyttä pidetään kyynä luoda muistia ja ymmärrystä, tunnistaa malleja ja oppia kokemuksista. Taustalla vaikuttavan ihmiskuvan mukaan ihminen on aktiivinen tiedonkäsittelijänä, joka oppii parhaiten, jos itse työstää asioita ja luo omia tietorakenteitaan. Vaikka pääpaino on ihmisen kognition tutkimisella, niin lisäksi kognitiotieteessä tutkitaan myös eläinten ajattelua ja keinotekoisien järjestelmien tiedonkäsittelyä.

Vaikka kognitiotieteen tuloksia käytetään hyväksi tekoälytutkimuksessa, niin kognitiotiede ei itsenäisesti pyri tekoälyn luomiseen. Siinä tavoitteena on analysoida, kuvailla ja ennustaa ihmismielen kognitiivisiin kykyihin liittyvää toimintaa. Tältä pohjalta syntyvät mallit ovat ensiarvoisen tärkeitä tekoälytutkimuksessa.

Ihmisälyn ja tekoälyn erosta

Monilla eri älykkyyden osa-alueilla tekoälyn koneelliset mallit toimivat jo paremmin kuin ihmisäly. Tekoäly on jo aikoja siten voittanut ihmisen puhtaasti laskennallisissa tehtävissä, kuten **useissa peleissä**. Nykyään jopa tietyissä kielenkäyttöön ja havaitsemiseen liittyvissä tehtävissä kone tekee vähemmän virheitä kuin ihminen.

Kuuluisat ihmisen ja tekoälyn väliset ottelutulokset

Deep blue ohjelma voitti ihmisen shakissa 1997.

AlphaGo voitti ihmisen monimutkaisuudestaan kuuluisassa go-pelissä 2015.

Edelleenkin vain ihminen pystyy yleiseen älykkyyteen, joka on joustavaa ja monikäyttöistä. Toisin sanoen ihmisen älykkyyys toimii (enemmän tai vähemmän hyvin) kaikissa mahdollisissa tehtävissä. Tekoäly taas oppii vain sen tehtävän mikä sille opetetaan ja se kykenee yleistämään oppimaansa vain rajallisesti.

Ihmisälyn ja tekoälyn vertaamista vaikeuttaa se, että ihmismielestä ei tiedetä vielä läheskään kaikkea. Esimerkiksi tietoisuuden toiminnasta ei ole yleisesti hyväksyttyä yhtenäistä teoriaa. Erytisen haastavaa on selittää miten eri aistinkavavista tulevat aistimukset yhtyvät muistin ja vallitsevien mielentilojen kanssa muodostaen yhtenäisen tietoisuuden kokemuksen. Tähän tietoisuuden kokemukseen liittyy myös kokemus minuudesta.

Lisäksi esimerkiksi ihmisen esteettisyyden tajua ja tarvetta ei vielä tunneta täysin. Joidenkin mielestä vain ihminen pystyy luovuuteen. Tämä väite riippuu siitä, miten luovuus määritellään. Jos luovuuden



ajatellaan olevan olemassa olevien ainesten uudenlaisia yhdistelmiä, niin kyllä konekin siihen pystyy. **Tekoäly on jo kirjoittanut runoja ja säveltänyt musiikkia.**

Hae hakukoneella esimerkkejä hakusanoilla tekoäly runous tai AI music.

Ihmisen ja tekoälyn välinen vuorovaikutus

Ihmisen toiminnan mallintamista tarvitaan myös ihmisen ja koneen välisen vuorovaikutuksen parantamiseen. Reikäkorteille toimivista tietokoneista alkaen on ollut tarve miettiä sitä, miten ihminen käyttää konetta. Tietokoneiden kehityksen myötä vuorovaikutuksen keinot ovat muuttuneet. Nykyään käytetään näppäimistöä, hiirtä ja kosketusnäyttöä. Lisäksi on kehittynyt kokonaan oman tieteenalansa eli käyttöliittymäsuunnittelu. Sen tavoitteena on kehittää yhä luontevampia vuorovaikutustekniikoita, jotta koneiden käyttö olisi mahdollisimman sujuvaa.

Tekoälysovellusten myötä ihmisen ja koneen välinen vuorovaikutus on mullistunut. Enää ei ole kyse vain siitä, miten ihminen osaa käyttää konetta, vaan nykyään myös kone voi oppia yhä enemmän käyttäjästään. Vuorovaikutus on parantunut erityisesti sen ansiosta, että nykyään koneet ymmärtävät puhuttua ja kirjoitettua kieltä yhä paremmin. Myös konenäköön liittyvät sovellukset ovat muuttaneet ihmisen ja koneen välistä interaktiota. Kone osaa esimerkiksi "katsomalla" päätellä käyttäjänsä persoonallisuuden piirteitä ja vireystasoa autonratissa.

Tällä hetkellä yksi tärkeimmistä tutkimuskohteista ihmisen ja koneen väliseen vuorovaikutukseen liittyen on tunneäly. Tekoälyn tunnetaitoja kehitetään parantamalla kasvonilmeiden ja eleiden tunnistamiskykyä. Emootioiden tunnistaminen on tärkeää erityisesti ihmisten kanssa toimiville tekoälysovelluksille, kuten asiakaspalveluautomaateilla ja hoivaroboteille. Ihmisen on paljon miellyttävämpää asioida sellaisen robotin tai sovelluksen kanssa, joka huomioi ihmisen tunnetilan.

Tärkeää

Ihmisen älykkään toiminnan jäljitteleminen tietokoneella edellyttää mallintamista, koska vain tarkasti määritellyjä piirteitä voidaan käsitellä koneellisesti. Tekoälyn kannalta olennaista ihmismielen mallintamista tehdään kognitiotieteessä.

Ihmisen toiminnan mallintamista tarvitaan myös ihmisen ja koneen välisen vuorovaikutuksen parantamiseen



Pohdittavaa

Yläaste, lukio ja aikuiset

1.

Miten mallintaisit kännykkäriippuvuuden tai hyväntuulisuuden tietokoneella käsiteltävään muotoon? (Mieti mistä piirteistä ominaisuudet koostuvat ja miten niitä voisi mitata.)

2.

Millaisia käytännön toteutuksia voisi kehittää ihmisten arkea helpottamaan tai parantamaan, jos käytettävissä on tunteita tunnistava tekoälysovellus?

3.

Miten tekoälyn luovuus eroaa ihmisen luovuudesta vai eroaako?

Etsi hakukoneella tekoälyn luomia taideteoksia, runoja tai lauluja ja anna muiden yrittää erottaa niitä ihmisten tekemistä.

4.

Tee kuvaamataidon tunnilla mekaanisesti taidetta. Erottele esimerkiksi jostain maalauksesta piirteitä ja yhdistele ne ennalta sovittujen sääntöjen mukaisesti.

Sääntöjä voi olla esimerkiksi:

- Jaa alkuperäinen maalaus kymmeneen yhtä suureen osaan ja numeroi ne numeroilla 1 - 10
- Ota uuteen teokseen värit osasta 5
- Ota uuteen teokseen muotoja osasta 8
- Kopioi uuteen teokseen alkuperäisestä maalauksesta satunnaisesti valittu osa sellaisenaan

Pohdi uuden teoksen ja sen tekoprosessin luovuutta. Miten sen tekeminen eroaa siitä, jos taidetta tehdessään hakee inspiraatiota muista taideteoksista?



Logiikka tekoälyn taustalla

Logiikka tutkii pätevää päättelyä ja päättely on älykkäässä toiminnassa tärkeää. Logiikka onkin keskeisessä asemassa tietojenkäsittelyssä ja tekoälyssä. Se muodostaa tietojenkäsittelyn teoreettisen perustan määrittelemällä sen mitä ja miten voidaan laskea sekä luokitella.

Logiikan voi määritellä konemaisen tarkaksi ja täsmälliseksi menetelmäksi, jolla voidaan tutkia väitteiden pätevyyttä. Tarkkuus ja täsmällisyys saavutetaan siten, että päättelyitä tarkastellaan vain niiden muodon perusteella, ilman merkitysten miettimistä. Muodollisesta pätevyydestä ovat esimerkkinä seuraavat lauseet, joista käy ilmi, että pätevyys ei riipu siitä mitä väitteet tarkoittavat tai ovatko ne edes totta:

Jos kaikki ihmiset ovat kuolevaisia
ja Sokrates on ihminen,
niin Sokrates on kuolevainen.

Jos kaikki pojat ovat omenoita
ja Otto on poika,
niin Otto on omena.

Tietokoneissa logiikka toteutetaan algoritmien avulla. Tietokoneiden toiminnan ja tekoälyn ymmärtämiseksi on tärkeää tuntea algoritmin käsite. Algoritmi tarkoittaa yksityiskohtaista kuvausta tai ohjetta jonkin tehtävän suorittamiseksi. Esimerkiksi keittokirjan reseptin voi ajatella olevan algoritmi, jota seuraamalla pystyy valmistamaan ruokaa. Lopputulos on seurausta siitä mitä ja miten aineksia on lisätty ja käsitelty. Tietokoneessa nämä ainekset, niiden yhdistelmät ja lopputulokset noudattavat logiikkaa ja ne toteutetaan ohjelmointikielten avulla.

Ohjelmointikieliet käännetään koneen ymmärrettävään muotoon eli ykkösistä ja nolllista koostuviksi sarjoiksi. Tämän jälkeen siirrytään ohjelmiston tasolta laitteiston fyysiselle tasolle. Silläkin tasolla tietokoneen toiminta on loogista. Tietokoneessa signaalien siirtyminen perustuu nimittäin ns. loogisiin portteihin, jotka estävät tai sallivat loogisten sääntöjen perusteella signaalin kulkemisen eteenpäin. Loogisten porttien toiminta perustuu JA-, TAI- ja EI-perusoperaatioiden logiikkaan. JA-operaatio on kaikkein eniten käytetty looginen operaatio. Tietokoneessa JA-portti ottaa vastaan kaksi (tai useampia) tulosignaalia ja tuottaa yhden lähtösignaalin. Lähtösignaali on tosi vain jos kaikki tulosignaalit ovat tosia. Alla oleva taulukko antaa yksiselitteisen määritelmän JA-, TAI- ja EI -operaatioille.



JA

A	B	A JA B
tosi	tosi	tosi
tosi	epätosi	epätosi
epätosi	tosi	epätosi
epätosi	epätosi	epätosi

TAI

A	B	A TAI B
tosi	tosi	tosi
tosi	epätosi	tosi
epätosi	tosi	tosi
epätosi	epätosi	epätosi

EI

A	EI A
tosi	epätosi
epätosi	tosi

Tämänkaltaisille yksinkertaisille JA-, TAI- ja EI-operaatioille perustuu kaikki digitaalitekniikka. Nämä operaatiot ilmentävät myös tietokoneiden perustoimintaperiaatetta eli sitä, miten tarkkarajaisia osia yhdistellään yksiselitteisten sääntöjen mukaan.

Perinteisen tekoälyn ja koneoppimisen suhde logiikkaan

Perinteiset tekoälysovellukset perustuivat täysin logiikkaan. Ne saattoivat esimerkiksi sisältää toimintaohjeita kuten "jos vihreä palikka on punaisen neliön vieressä, niin siirrä keltaista kolmiota vasemmalle." Tämä on ehtolause, jossa ohjeen suorittamiselle on asetettu jokin ehto ja komento suoritetaan vain, jos ehto on tosi. Logiikkaan perustuminen edellyttää, että kaikki osatekijät ovat tarkasti määriteltyjä ja niitä koskevat säännöt ovat yksiselitteisiä.

Aidoissa älykkyyteen liittyvissä tehtävissä harvat asiat ovat kuitenkin niin tarkkarajaisia, että niitä voisi mallintaa logiikan avulla. Voidaan esimerkiksi kysyä, että milloin punainen neliö lakkaa olemasta punainen, kun sen väriä vaalennetaan lisäämällä siihen valkoista? Entä onko olemassa selvää rajaa sille, milloin neliö muuttuu ympyräksi, kun sen kulmia aletaan pyöristämään?

Tämänkaltaisiin ongelmiin perinteinen tekoäly kaatui. Muuttuvaista ja moninaista maailmaa ei saada luokiteltua loogisiin järjestelmiin sopiviin palasiin. Usein kuitenkin älykkääseen toimintaan riittää vähempikin kuin looginen täydellisyys; usein todennäköisesti tai tarpeeksi oikeat vastaukset riittävät. Oikeassa elämässä käytännöllinen päättely on tärkeämpää kuin pätevä päättely. Koneoppiminen joustavampana mallina hallitsee käytännöllisen päättelyn paremmin kuin perinteinen loogiseen ohjelmointiin perustuva tekoäly.

Kritiikki älykkyyden koneellista mallintamista kohtaan

Tietokoneen loogisten toimintaperiaatteiden vuoksi älykkään toiminnan jäljitteleminen koneellisesti vaatii älykkyyden mallintamista siten, että älykkyyden osatekijät on



määritelty tarkasti. Tähän tutustuttiin edellisessä kappaleessa. Kuvitellaan hetkeksi, että tässä mallintamisessa onnistuttaisiin täydellisesti ja kone pystyisi jäljittelemään kaikkea ihmisen älykäs toimintaa. Olisiko tällöin koneen älykäs toiminta samanlaista kuin ihmisen älykäs toiminta?

Filosofi John Searlen vuonna 1980 esittämä kiinalaisen huoneen ajatuskoe⁴ on yksi kuuluisimmista tekoälyä vastaan esitetyistä argumenteista, jonka mukaan koneiden toiminnasta puuttuu ymmärrys tai tietoisuus siitä mitä ne tekevät. Ajatuskokeessa pyydetään kuvittelemaan huone, jonne voi toimittaa yhdestä ovesta sisään kiinankielisiä kysymyksiä. Toisesta ovesta tulee ulos kiinankielinen vastaus, joka on aina oikea kuhunkin kysymykseen. Ulkopuolinen saattaisi erehtyä ajattelemaan, että huoneessa ymmärretään kiinaa. Tarkempi tarkastelu paljastaakin, että huoneen sisällä on käytössä laajat sanakirjat, joihin on merkitty kaikki mahdolliset kysymykset ja oikeat vastaukset niihin. Huoneen sisällä ollut ihminen on yksinkertaisesti etsinyt kunkin kysymyksen kirjasta ja liittänyt siihen oikean vastauksen osaamatta sanaakaan kiinan kieltä. Tietokoneen toiminta on juuri tällaista mekaanista merkkien yhdistelemistä ilman ymmärrystä siitä, mitä merkit tarkoittavat. Laajemmassa merkityksessä ajatuskoe väittää, että merkitykset olisivat olemassa riippumatta merkkien mekaanisista käsittelysäännöistä ja tämän vuoksi ihmisen kaltaista älykkyyttä ei voitaisi koneellisesti saavuttaa.

Argumentti onkin esitetty vahvaa tekoälyä vastaan. Heikkoja tekoälysovelluksia, jotka eivät edes pyri ihmisen kaltaiseen älykkyyteen, tämä argumentti ei koske. Ajatuskoe on myös esitetty perinteisen logiikkaan perustuvan tekoälyn aikana, mutta yhtälailla nykyinen koneoppiva tekoäly perustuu merkkien mekaaniseen yhdistelemiseen, vaikka koneoppimisessa merkit ovatkin hienojakoisempia ja niiden yhdistelysäännöt eivät aina ole tiedossa.

Vahva tai yleinen tekoäly (engl. Artificial general intelligence AGI)
Ihmisenkaltaiseen laajaan ja joustavaan älykkyyteen kykenevä tekoäly, joka osaa soveltaa älykkyyttään uusiin tehtäviin. Joidenkin mielestä vahva tekoäly omaa myös tietoisuuden, mutta tästä ei olla yksimielisiä. Toistaiseksi vahvaa tekoälyä ei olla kehitetty.

⁴ "Minds, Brains, and Programs," by John R. Searle, from *The Behavioral and Brain Sciences*, vol. 3. Copyright 1980 Cambridge University Press.



Tärkeää

Logiikka on keskeisessä asemassa tietojenkäsittelyssä ja tekoälyssä. Logiikka tutkii pätevää päättelyä. Tietokoneissa logiikka toteutetaan algoritmien avulla.

Algoritmi tarkoittaa yksityiskohtaista kuvausta tai toimintaohjetta jonkin tehtävän suorittamiseksi. Esimerkiksi keittokirjan reseptin voi ajatella olevan algoritmi, jota seuraamalla pystyy valmistamaan ruokaa.

Pohdittavaa

Yläkoulu, Lukio ja aikuiset

1.

Tutustu loogiseen päättelyyn nettitestin avulla. Hae testi internetistä esimerkiksi hakusanalla *looginen päättely harjoituksia* tai *mensa*.

2.

Mitkä ihmisyyteen liittyvät asiat voivat olla vaikeita tai mahdottomia muokata loogiseen muotoon (Esimerkiksi intuitio, sielu, rakkaus, kauneus..?)
Liittyvätkö ne oleellisesti älykkääseen toimintaan? Toisin sanoen, voiko älykästä toimintaa mallintaa erillään näistä ominaisuuksista?



Koneoppiminen

Koneoppimisella tarkoitetaan tietokoneen kykyä oppia ilman, että ihmisen tarvitsee kirjoittaa yksityiskohtaista ohjetta jokaisessa tilanteessa toimimiselle. Koneoppimisessa tietokone tutkii käytössään olevaa tietoaineistoa eli dataa erilaisten ennalta määriteltyjen algoritmien avulla ja muodostaa siitä kaavoja. Tämän jälkeen tietokone pystyy tekemään arvioita tai ennusteita sekä vastaamaan aihealuetta koskeviin kysymyksiin.

Koneoppimista kehitettiin jo tekoälysovellusten alkuaikoina 1950-luvulla. Kuitenkin vasta 2000-luvulla se on kehittynyt tasolle, jolla se oppii tietyt tehtävät paremmin kuin ihminen. Ratkaisevia tekijöitä koneoppimisen kehittymisessä ovat olleet oppimiseen tarvittavien aineistojen eli tietokantojen määrän lisääntyminen, tietokoneiden tehokkuuden kasvu sekä uudenlaiset kehittyneet algoritmit.

Yksi yleinen käyttökohde koneoppimiselle on asuntomarkkinoiden hinta-arviot. Asunnon hinta ei määräydy pelkästään asunnon koon perusteella, vaan siihen vaikuttavat monenlaiset tekijät kuten sijainti, kunto, kerros, vessojen lukumäärä ja niin edelleen. Juuri tällaisissa monisyisissä tehtävissä koneoppiminen on parhaimmillaan.

Koneoppimisen lähtökohta on riittävä määrä opittavaa asiaa koskevaa aineistoa. Hinta-arvioiden tekemistä varten koneelle annetaan syötteenä tietoa toteutuneista asuntokaupoista, sisältäen myyntihintojen lisäksi yksityiskohtaisia tietoja asunnoista. Oppimisvaiheessa kone pyrkii löytämään erilaisia yhteyksiä datan eri ominaisuuksien välillä ja painottamaan yhteyksiä eri tavoilla. Esimerkiksi yksiössä vessojen lukumäärällä ei ole merkitystä hintaan, mutta isossa asunnossa vain yksi vessa laskee hintaa. Joidenkin ominaisuuksien välillä on vahva yhteys ja joidenkin välillä ei ole lainkaan yhteyttä. Näistä erilailla painotetuista yhteyksistä kone muodostaa kaavoja, joiden perusteella se osaa ennustaa uusien myyntiin tulevien asuntojen hinnan.

Koneoppimisen eri lajeja

Koneoppimista on pääasiassa kolmenlaista: ohjattua oppimista, ohjaamatonta oppimista sekä vahvistusoppimista. Jokaiselle näistä oppimistavoista löytyy oma käyttökohteensa. Kaikissa peruseräillä on sama: tietokoneelle syötetään laajoja määriä dataa, jonka pohjalta kone oppii tunnistamaan kaavoja aihealueen tapahtumissa.

Ohjattu oppiminen

Ohjatussa opetuksessa tietokoneelle annetaan tietoja siitä, minkälaisia tuloksia aiemmin tietyissä tilanteissa on saatu. Esimerkiksi hinta-arvioesimerkissä koneelle on syötetty asuntojen tietojen lisäksi myös aiemmin toteutuneiden asuntokauppojen hintatiedot.



Ohjatussa oppimisessa pyritään siis opettamaan tietokone tuottamaan kaava, jonka avulla se pystyy vastaavanlaista mutta uutta dataa kohdatessaan muodostamaan siitä ennusteita.

Ohjaamaton oppiminen

Ohjaamattomassa opetuksessa tietokoneelle ei kerrota etukäteen, mitä tietoa haetaan lopputulemaksi. Esimerkiksi roskapostin suodatus voi tapahtua ohjaamattoman oppimisen avulla, kun sähköpostiohjelma oppii ajan kanssa tunnistamaan roskapostiviestit normaaleista sähköpostiviesteistä niiden sisällön, lähetysosoitteen ja aiempien tapauksien pohjalta. Ohjaamaton oppiminen tähtää siis luokittelemaan sisältöä ohjatun oppimisen ratkaisuhakuisen luonteen sijaan.

Vahvistusoppiminen

Kolmas koneoppimisen malli on vahvistusoppiminen. Vahvistusoppimisessa oppivaa tietokonetta kutsutaan agentiksi. Vahvistusoppimisessa agentti ikään kuin tutkii ympäristöään ja muuttaa toimintaansa ympäristöstään saamansa palautteen perusteella pyrkien mahdollisimman hyvään lopputulokseen.

Esimerkkinä vahvistusoppimisesta koneen voi opettaa pelaamaan backgammonia. Kuten kaikissa peleissä, siinä on olemassa lukuisia tiloja, missä peli voi olla ja jokainen liike luo aina uuden tilan. Kaikkien liikkeiden ohjelmoiminen käsin olisi liian työlästä. Sen sijaan vahvistusoppimista hyödyntämällä kone voidaan opettaa itse reagoimaan eri tilanteisiin. Kone voidaan opettaa laittamalla se pelaamaan joko oikeaa ihmistä tai toista vahvistusoppimisalgoritmia vastaan.

Aluksi agentti suorittaa pelissä satunnaisesti erilaisia toimintoja. Mikäli toiminto edistää agentin tilaa se palkitaan siitä. Agentti pyrkii aina lopputulokseen, jossa se saisi parhaan mahdollisen tuloksen. Valitut toiminnot kehittyvät koko ajan ja useiden koitosten jälkeen agentille alkaa muodostua tapoja edistyä. Useiden yritysten jälkeen se tulee löytämään sellaisen toimintojen kokoelman, joka johtaa korkeaan pistemäärään.

Esimerkkejä koneoppimisessa käytettävistä algoritmeista

Kaikki koneoppimisen mallit toteutetaan erilaisten algoritmien avulla. Algoritmit voivat perustua joko tilastomatematiikkaan tai neuroverkkojen toimintaan. Edellä esitelty asuntojen hinta-arvio-ohjelma on esimerkki tilastomatematisesta algoritmista nimeltä lineaarinen regressio. Se soveltuu hyvin monimutkaisten ilmiöiden kuvaamiseen, koska sillä voidaan tutkia useamman muuttujan yhtäaikaista vaikutusta.

Geneettiset algoritmit

Toinen esimerkki koneoppimisen tilastomatematisista algoritmeista ovat geneettiset algoritmit, jotka perustuvat evoluutioteoriaan. Algoritmi matkii luonnonvalinnan



ominaisuuksia, kuten vahvimpien selviytymistä ja piirteiden siirtymistä vahvimpien yksilöiden lisääntymisen kautta.

Ohjatun oppimisen mallilla geneettisen algoritmin voi opettaa esimerkiksi kirjoittamaan lauseen "ohjelmointi on mukavaa". Ensin koneelle määritellään tavoite, eli kyseinen lause. Tämän jälkeen koneelle annetaan kevyt kuvaus siitä, miten määränpähän päästään. Koneelle voidaan siis antaa kuvaukseksi esimerkiksi lauseen merkkien määrä (22 merkkiä) ja tieto, että merkit ovat joko aakkosia, numeroita tai erikoismerkkejä kuten välilyönti tai piste. Tämän jälkeen koneelle määritellään lähtöpopulaatio eli joukko satunnaisesti tuotettuja yrityksiä päästä tavoitteeseen sekä lähtöpopulaation koko, joka voi vaihdella kymmenestä tuhansiin. Seuraavaksi luodaan algoritmi määrittelemään yksilöiden vahvuudet. Tässä esimerkissä vahvuutena voisi toimia esimerkiksi "kuinka monta oikeaa merkkiä on oikeassa kohdassa", ja mitä useampi merkki vastaa sijainniltaan ja merkiltään kohdelauseetta, sitä vahvempi yksilö on.

Kun algoritmille on määritelty populaatio ja sille on tehty vahvuusmäärittely, niin seuraavaksi luodaan säännöt uuden sukupolven muodostumiselle. Uutta sukupolvea luodessa halutaan, että vahvemmillä yksilöillä on parempi mahdollisuus lisääntyä ja tätä kautta jatkaa geeniperimäänsä. Tämän vuoksi luodaan ympäristö, jossa vallitsevan säännön mukaan suuremmalla vahvuudella varustetut yksilöt tulevat useammin valituiksi. Lauseenrakennusesimerkissä voidaan käyttää esimerkiksi yksinkertaista metodia, jossa lauseen alkuosa otetaan ensimmäiseltä vanhemmalta ja loppuosan toiselta vanhemmalta.

Viimeisenä vaiheena algoritmissa on mutaatio. Ihmisillä yksinkertaisimmillaan mutaatio voi tarkoittaa yhden emäksen vaihtumista toiseksi DNA-ketjussa. Samalla tapaa geneettisissä algoritmeissa mutaatio voi tapahtua esimerkiksi siten, että osa yksilön ominaisuuksista muuttuu muuksi kuin mitä he vanhemmiltaan perivät. Mutaatiot pitävät yllä populaation monipuolisuutta ja torjuvat sen ennenaikaista suppenemistä.

Geneettiset algoritmit voivat olla joko ohjattua oppimista tai vahvistusoppimista. Mikäli vahvuusmäärittely tapahtuu vertaamalla vastauksia haluttuihin vastauksiin, kyseessä on ohjattu oppiminen. Mikäli vahvuusmäärittely tutkii yksilöiden suoritutumista tehtävässä, kyse on vahvistusoppimisesta.

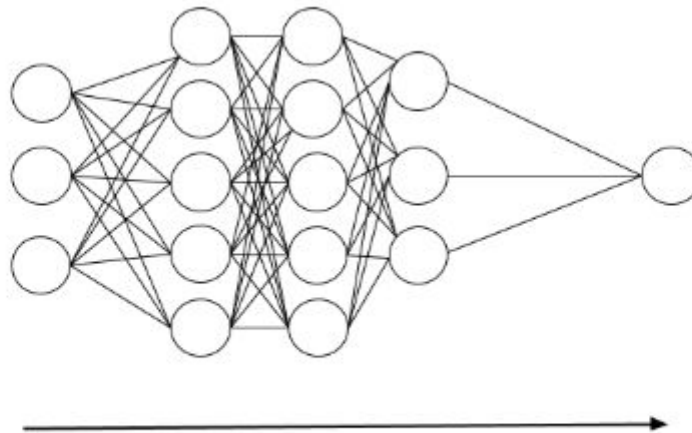
Neuroverkot

Tekoälyn verkkomaista prosessointia eli neuroverkkoja hahmoteltiin jo tekoälytutkimuksen alkuaikoina, mutta vasta 1990-luvulta alkaen neuroverkot alkoivat todella kehittyä. Niiden malli perustuu ihmisaivoihin, missä tiedonkäsittely tapahtuu verkottuneiden hermosolujen eli neuronien yhteyksien avulla. Neuron siirtää esimerkiksi näköhavainnosta alkunsa saanutta ärsykettä eteenpäin neuronien verkostossa ärsykkeen voimakkuuden ja laadun perusteella.

Keinotekoinen neuroverkko (engl. Artificial neural network ANN) koostuu yhdestä syötetasosta, vähintään yhdestä piilotetusta tasosta ja tulostetasosta. Jokainen taso sisältää verkon solmuja eli noodeja, jotka suorittavat laskuja ja muita operaatioita ja ovat



yhteydessä edeltävän ja seuraavan tason noodeihin. Signaali siirtyy solmusta eteenpäin tiettyjen sääntöjen perusteella alkaen syötetasosta ja edeten piilotettujen tasojen läpi tulostetasolle. Signaali voi ennen tulostetasoa liikkua verkossa myös takaisin päin. Jokaisella yhteydellä on tietty vahvuus ja se voi muuttua nooiden operaatioiden myötä. Neuroverkon tiedonkäsittely perustuu nimenomaan verkon yhteyksiin.



Kuva 2. Kuvassa vasemmalle syötetaso, sen jälkeen kolme piilotettua tasoa ja oikealla tulostetaso eli output. Syötteenä verkolle voi antaa esimerkiksi lauseita, joiden piirteiden yhteyksistä verkko muodostaa kaavoja ja oppii tunnistamaan lauseenjäseniä.

Opittava asia puretaan neuroverkon avulla osatekijöihinsä ja osien väliset yhteydet esitetään yhteyksien vahvuuden avulla. Syötteenä verkolla voisi antaa esimerkiksi kirjan lauseita. Kun tämä syöte ajetaan verkon läpi useamman kerran niin verkko oppii tunnistamaan tekstistä eri sanaluokkia sen perusteella miten ja missä kohtaa lausetta tietyt sanat esiintyvät lauseissa. Verkko oppii jakamaan tekstin ensin lauseiksi, sitten sanoiksi ja sanat vielä sanan kantaan ja taivutuspäätteisiin. Esimerkiksi substantiiveissa sanan kanta esiintyy usein tiettyjen sijamuotojen kanssa ja siten ne erottuvat omaksi ryhmäkseen.

Neuroverkkojen tärkein ominaisuus on niiden itseorganisoidavuus eli ne pystyvät itse muokkaamaan yhteyksiään. Syöte voidaan ajaa verkon läpi useampaan kertaan ja joka kerralla verkon yhteydet muokkautuvat. Tämä mahdollistaa neuroverkkojen oppimisen. Niiden päämääränä on tunnistaa syötteenä saamastaan aineistosta erilaisia yhteyksiä ja muodostaa kaavoja.

Syväoppiminen

Useista tasoista koostuvissa neuroverkoissa tapahtuvaa koneoppimista kutsutaan syväoppimiseksi (engl. deep learning). Syväoppimisen tekniikat ovat edistyneet nopeasti 2010-luvulla algoritmien ja laskentatehon kehittymisen sekä laajojen tietokantojen



ansioista. Useammat verkon tasot mahdollistavat useampia välivaiheita ja siten monimutkaisempien tehtävien suorittamisen. Syväoppimisen ansiosta tekoäly on oppinut muun muassa tunnistamaan asioita kuvista sekä ymmärtämään ja tuottamaan luonnollista kieltä. Rajatulla alueella se on jopa ihmistä parempi näissä tehtävissä.

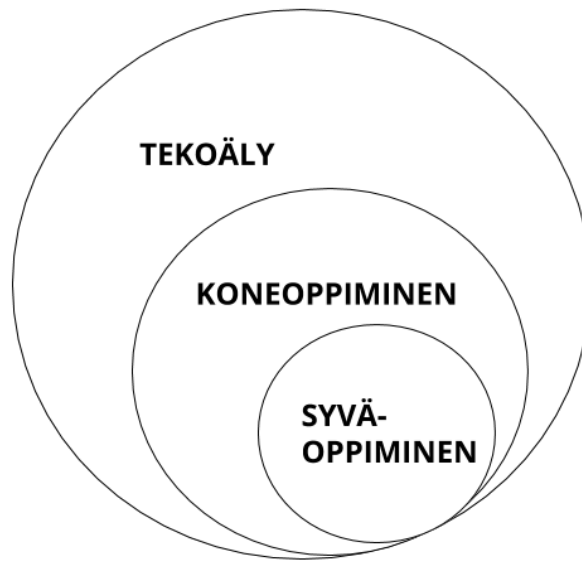
Syväoppivat oppimismallit eivät ole riippuvaisia tekoälyn kehittäjän tuomista muutoksista algoritmeihin. Sen sijaan ne ovat itseohjautuvia eli tekevät itse muutokset tiedonkäsittelyn tapoihinsa ihmisten aivojen tapaisesti. Kaikista koneoppimisen tavoista syväoppiminen muistuttaa eniten ihmisten luontaista oppimistapaa. Itseohjautuvuuden ansiosta syväoppiminen on joustavaa ja pystyy toimimaan epävarman tiedon varassa, minkä ansiosta se suoriutuu muuttuvaisen maailman moninaisissa tehtävissä hyvin.

Esimerkkinä ohjaamattomasta syväoppimisesta voisi olla videomateriaalin luokitteluohjelma. Syötteeksi annetaan miljoonittain videoita ja niihin liittyvää tekstipohjaista tietoa, kuten kuvaustekstejä ja kommentteja. Syväoppiva järjestelmä oppii tunnistamaan yhteyksiä videomateriaalin ja sanallisten kuvausten välillä, ja lopulta osaa tunnistaa videon hahmoja ja tapahtumia. Järjestelmä voi esimerkiksi oppia tunnistamaan kirahveja videomateriaalista ilman, että sitä on annettu sille tavoitteeksi. Se on luonut saamastaan opetusmateriaalista ikään kuin teorian, joka sisältää kirahvin tunnistamiseen tarvittavat tiedot.

Taulukko perinteisen koneoppimisen ja syväoppimisen eroista

	Perinteinen koneoppiminen	Syväoppiminen
Toiminta-periaate	Erilaisia automatisoituja algoritmejä, jotka oppivat ennustamaan tulevaisuuden tapahtumia tietokantojen pohjalta.	Tulkitsee tietokannan ominaisuuksia ja niiden yhteyksiä käyttäen neuroverkkoja, jotka syöttävät olennaisen tiedon monen käsittelykerroksen läpi.
Hallinta	Algoritmit ovat analyytikoiden luomia ja ohjaamia.	Algoritmit toimivat itseohjautuvasti.
Tuotos / Output	Usein numeraalinen arvo, kuten tulos tai luokittelu.	Mitä vain; tekstiä, kuvia, ääniä tai muita elementtejä.





Kuva 3. Tekoälyn, koneoppimisen ja syväoppimisen väliset suhteet

Tärkeää

Koneoppimisessa tietokone tutkii käytössään olevaa tietoa aineistosta eli dataa erilaisten algoritmien avulla ja muodostaa siitä kaavoja.

Koneoppimisen kehittymiseen on vaikuttanut oppimiseen tarvittavien aineistojen eli tietokantojen määrän lisääntyminen, tietokoneiden tehokkuuden kasvu sekä uudenlaiset kehittyneet algoritmit.

Tekoälysovelluksissa erityisen tehokas koneoppimisen tyyppi on syväoppiminen, missä tiedonkäsittely tapahtuu monitasoisessa verkossa.

Pohdittavaa

Yläkoulu, Lukio ja aikuiset

Vertaile omaa oppimistasi ja koneoppimisen eri tapoja. Mitä yhteistä ja mitä eroavaisuuksia huomaat? Mitkä ovat ihmisen oppimisen ja koneoppimisen vahvuudet?



Tietokannat

Tietokannalla tarkoitetaan kokoelmaa johonkin aihepiiriin liittyviä tietoja. Tietokannan luomisen taustalla on yrityksen, viranomaisen tai muun yhteisön tarve säilöä ja hakea tietoa. Tallennettava tieto liittyy tyypillisesti johonkin tavoitteeseen. Esimerkiksi kauppaketjun tavoitteena voi olla asiakkaiden ostoskäyttäytymisen seuranta markkinoinnin kehittämiseksi, jolloin kauppaketjun tietokantoihin tallennetaan bonuskortin numero, hankitut tavarat sekä ostoskäynnin päivä ja kellonaika.

Koneoppimisen kehittyminen ja tietokantojen kasvaminen ovat tapahtuneet samanaikaisesti. Koneoppiminen vaatii suuret määrät tietoa ja suuren tietomäärän kertyminen on puolestaan edistänyt koneoppimisen kehittymistä. Tietokantoja kootaan nykyään lähes kaikista liikkeistämme. Kaupan ja teollisuuden tarpeiden lisäksi yhä enenevässä määrin myös yksityiselämään liittyvistä asioista voi tallentua merkintä tietokantaan. Tällaisia yksityiselämän asioita voivat olla esimerkiksi puheluihin, tietokoneen käyttöön, bussimatkoihin sekä jopa pyykin likaisuuteen liittyvät tiedot. Kännykkäsovelluksia käytettäessä kerättävien tietojen määrä lisääntyy entisestään: Montako askelta otat päivän aikana, keitä tunnet, missä sijaitset (tai tarkemmin ottaen, missä kännykkäsi sijaitsee), mistä musiikista pidät...

Tietokannat voivat olla avoimia tai suljettuja. Suljettuun tietokantaan tallennetut tiedot on rajoitettu tietokannan ylläpitäjän sisäiseen käyttöön. Tällaisia on esimerkiksi viranomaisten ja terveydenhuollon tietokannat.

Esimerkkinä avoimesta tietokannasta tutustu Tilastokeskuksen Paavo-tietokantaan, josta voi hakea tietoja esimerkiksi oman asuinalueen ihmisistä ja asunnoista:
<https://www.stat.fi/tup/paavo/index.html>

Missä tietokannat sijaitsevat?

Tietokannat voivat olla paikallisia tai ne voivat sijaita pilvipalvelimella. Paikalliset tietokannat sijaitsevat samalla koneella tietokantaa käyttävän ohjelmiston kanssa, kun taas pilvipalvelimella eli "pilvessä" sijaitsevilla tietokannoilla tarkoitetaan pilvipalvelua tarjoavien yritysten palvelimia. Pilvessä oleviin tietokantoihin pääsee käsiksi internetin kautta mistä ja milloin vain. Pilvi tarkoittaa käytännössä palvelimien eli tietokoneiden verkostoa. Pilvipalveluidenkin tieto sijaitsee siis loppujen lopuksi jossain fyysisessä paikassa.

Tietokanta voi päivittyä myös automaattisesti joltain verkkoon kytketyltä laitteelta, kuten esimerkiksi sähkömittarista tai aktiivisuusrannekkeesta. Tällöin puhutaan esineiden internetistä eli Internet of Things (IoT). Myös auto voi olla tällainen esine, kun se lähettää tietoa autonvalmistajan tietokantoihin. Esimerkiksi kolaritilanteessa auton anturien tallentama tieto voi siirtyä samalla hetkellä autotehtaan tietokantaan.



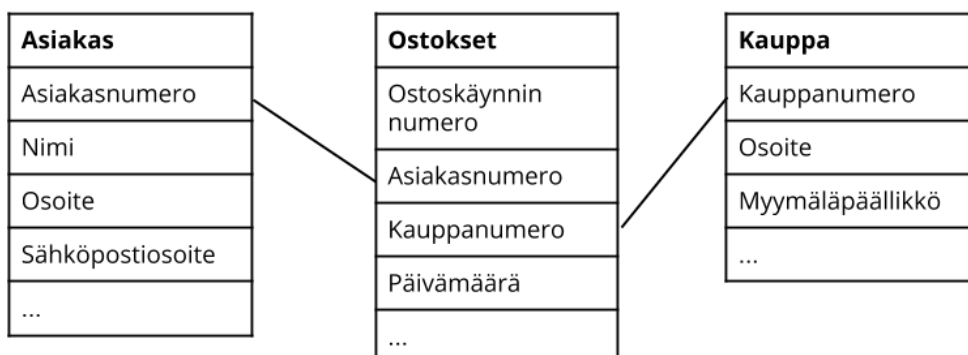
IoT tuottaa nykyään yhä enenevässä määrin tietoa ja tämän tiedon siirtyminen pilveen vaatii koko ajan nopeampaa internetyhteyttä. Tämän vuoksi verkkolaittevalmistajat ovatkin jo alkaneet tarjoamaan 5G-tekniikkaa, joka tarkoittaa uudenlaisia ja yhä parempia matkapuhelinverkkoja tai langattomia tiedonsiirtojärjestelmiä.

Monet uudet tekoälysovellukset, kuten esimerkiksi itseohjautuvat autot ja teollisuusrobotit vaativat päätöksentekoa mikrosekunneissa. Tällöin pilveen siirtäminen vie liian pitkän ajan. Tiedon käsittelyn on siis tapahduttava mahdollisimman lähellä käyttötilannetta. Tätä on edge computing, joka mahdollistaa reaaliaikaisen tietokannan prosessoinnin. Edge computing on vielä harvojen sovellusten käytössä. Tärkeimmät tietokannat sijaitsevat edelleen pilvessä.

Miten tieto on tietokannassa?

Koneoppimisen yhteydessä on tärkeää tarkastella tietokantojen laajuuden lisäksi myös tietokantojen sisällön laadukkuutta. Kun koneoppimisen tukena on laaja ja laadukas tietokanta, niin se löytää paremmin oikeita vastauksia. Jos taas koneoppimisen tietokanta on pieni tai siinä olevat tiedot ovat huonoja, niin sen antama vastaus voi olla puuta heinää. Laatuun vaikuttaa se, miten tieto on järjestetty tietokannassa.

Yleinen tapa järjestää tietoa on ns. relaatiomalli eli tiedon esittäminen käsitteiden ja niiden välisten suhteiden avulla. Relaatiomallin mukaisesti tietokantaa suunniteltaessa mietitään ensin aihepiiriin liittyviä käsitteitä sekä selvitetään niiden välisiä yhteyksiä. Käsitteitä voivat olla esimerkiksi kaupan asiakas, ostokset sekä ostokseen liittyvät summat ja määrät. Näistä käsitteistä valitaan vain olennaiset. Tämän jälkeen pyritään tunnistamaan käsitteiden väliset yhteydet ja täsmentämään käsitteitä lisäämällä niihin lisämääreitä, esimerkiksi ostoskäynnin päivämäärä ja kaupan sijainti. Lisäksi tietokanta pyritään järjestämään mahdollisimman loogisesti, jotta vältetään turhilta tiedon kopiolta ja yksinkertaistetaan tietokantaan tehtäviä kyselyitä.



Kuva 4. Esimerkki relaatiotietokannassa olevien tietojen yhteyksistä.



Miten tietokantoja käytetään?

Suurien tietomassojen analysoinnissa voidaan käyttää perinteisiä tilastotieteellisiä menetelmiä sekä uudempia koneoppimisen algoritmeja. Perinteinen data-analyysi perustuu ihmisen tekemiin malleihin, jotka laaditaan esimerkiksi keskiarvojen ja prosenttiosuuksista perusteella. Tällainen perinteinen data-analyysi on kuvailevaa ja se perustuu menneistä tapahtumista saatuun dataan. Datan pohjalta voidaan tehdä myös ennustuksia, mutta nämä ennustukset tekee ihminen.

Koneoppimisessa puolestaan mallit ja ennusteet sekä mallien arviointi muodostuu ilman, että ihmisen tarvitsee osallistua siihen. Koneoppimisessa voidaan myös laatia tulevaisuutta koskevia malleja. Kaikki tämä tapahtuu sellaisella nopeudella, tarkkuudella ja laajuudella mihin ihminen ei pysty.

Tietokantojen ylläpitämiseen liittyvät tietoturvakysymykset

Tietoa kerätään paljon, mutta sitä ei saa kerätä miten vain. Lainsäädäntö on herännyt hitaasti turvaamaan kansalaisten oikeuksia liittyen henkilötietojen käsittelyyn. Vuonna 2018 voimaan tulleen EU:n yleisen tietosuoja-asetuksen (engl. General Data Protection Regulation, GDPR) myötä jokaisella EU-kansalaisella on oikeus tarkistaa hänestä tallennetut tiedot, saada tieto siitä, miten henkilötiedot on kerätty, sekä miten niitä käsitellään ja kenelle niitä annetaan. Lisäksi kansalaisella on oikeus oikaista mahdolliset väärät tiedot sekä poistaa tietonsa rekisteristä. Vastaavasti asetuksessa säädetään rekisterinpitäjille velvollisuus toimia siten, että edellä esitetyt oikeudet toteutuvat.

Henkilötiedoksi käsitetään käytännössä kaikki yksityishenkilöön liittyvä informaatio. Tällaisia voisivat olla esimerkiksi nimi, sosiaalisen median kanaviin ladattu kuva, sähköpostiosoite ja potilastiedot. Jopa tietokoneen IP-osoite voi olla henkilötietoa, vaikka henkilön tunnistaminen ei yksin sen avulla onnistuisikaan. Hyvin harva yritys on tämän asetuksen ulkopuolella. Monissa muissa maissa Euroopan ulkopuolella ei kuitenkaan ole yhtä tiukkaa henkilötietojen käytön säätelyä.

Käytännössä GDPR on tarkoittanut useimmille vain ylimääräistä klikkausta, jolla hyväksytään tietojen keruu esimerkiksi hyväksymällä **evästeet** internetsivuilla. Useimmat ihmiset eivät edes tiedä, miten paljon tietoa heistä kerätään ja miten sitä käytetään ohjaamaan heidän käyttäytymistään.

Eväste (engl. cookie) on tietoa, jonka internetpalvelin tallentaa käyttäjän laitteelle. Selain lähettää tiedon takaisin kyseiselle palvelimelle. Eväste voidaan tallentaa käyttäjän laitteelle pysyvästi tai se voidaan poistaa palvelun käytön jälkeen.

Evästeiden avulla voidaan kerätä mm. seuraavia tietoja:

- käyttäjän IP-osoite
- kellonaika
- vierailut sivut



Esimerkiksi sosiaalinen media ja hakukoneet muokkaavat tarjoamaansa sisältöä ja mainontaa internetissä kerättävien käyttäjätietojen perusteella. Mainonta on mahdollista tehdä hyvinkin henkilökohtaiseksi, jolloin se vaikuttaa tehokkaammin kuin keskivertoasiakkaalle suunnattu mainonta. Käyttäjälle kohdistetun sisällön seurauksena internetissä voi olla elää ikään kuin omassa kuplassaan kohdaten vain omien mieltymysten mukaista sisältöä ja samanhenkisiä ihmisiä. Tämä voi estää uusien ja ehkä omia näkemyksiä haastavien tietojen löytämisen. Englannin kielessä ilmiö tunnetaan nimellä informaatiokupla (englanniksi filter bubble).

Tietokantojen rakenteen avulla voidaan kuitenkin myös parantaa yksityisyyden suojaa. Näin on erityisesti blockchain- eli lohkoketjutekniikassa, jossa toisilleen vieraat toimijat voivat yhdessä tuottaa ja ylläpitää tietokantoja hajautetusti. Hajautettu tietokanta on ikäänkuin lohkoittu osallistujien kesken ja nämä lohkot on ketjutettu, jolloin tietokannan voi todentaa ja koostaa monesta lähteestä. Kaikilla käyttäjillä on sama päivittyvä versio tietokannasta, jonka jokainen muutos jää näkyviin eikä niitä voi jälkikäteen muuttaa. Tämän ansiosta ketjun jäsenet voivat luottaa toisiinsa. Lohkoketjuteknologia mahdollistaa esimerkiksi digitaaliset valuutat kuten Bitcoinit, älykkäät sopimukset, mikromaksut ja äänestysjärjestelmät.

Tärkeää

Tietokannalla tarkoitetaan kokoelmaa johonkin aihepiiriin liittyviä tietoja. Tietokannat ovat tärkeitä tekoälyn kehittämisessä, koska koneoppiminen tarvitsee opetusaineistoa.

Pohdittavaa

1. Millaisia tietokantoja omasta perheestäsi tai luokastasi voisi muodostaa? Minkälaiset tiedot ovat hyödyllisiä? Kerää erilaisia tietoja (lempikappale, oikea- tai väsenkätisyys, kynien määrä penaalissa tms) ja järjestä ne tietokannaksi taulukkoon. Löytyykö tietokantaa analysoimalla uutta tietoa? (Esimerkiksi yhteys värikynien lukumäärän ja kuvaamataidon hyvän arvosanan välillä?)
2. Mikä ihmisen toiminnasta jää tietokantojen ulkopuolelle?



Konenäkö ja objektin tunnistus

Konenäön voi määritellä automaattisena informaation keräämisellä digitaalisista kuvista tai videoista. Siihen liittyvissä objektien tunnistus- ja luokittelutehtävissä pyritään mallintamaan ja automatisoimaan ihmisen näköjärjestelmää vastaavia toimintoja. Tällaisia sovelluksia voidaan tehdä tekoälytutkimuksen puitteissa. Useimmiten tavoitteena on kuitenkin vaatimattomammin automaatiojärjestelmä. Tällainen voisi olla esimerkiksi teollisuusrobottien laaduntarkkailuun liittyvä sovellus.

Tekoälysovellusten puolella konenäkö edustaa yhtä viimeaikaisista menestystarinoista. Jos tekoälyn tasoa mitataan vertaamalla sitä ihmisen kykyihin, on objektin tunnistus se tekoälyn osa-alue, jolla ihmisen kyky ollaan jo rajatulla alueella saavutettu. Ihmisen kyvyt objektin tunnistuksessa voidaan jopa ylittää tekoälyn avulla. Tekoälysovellukset osaavat tunnistaa ihmistä paremmin esimerkiksi erilaisia apinalajeja tai orkideoita. Ohjelmat pystyvät tunnistamaan objekteja myös liikkuvasta videokuvasta ja lisäksi osaavat jopa ennustaa, mitä videossa tulee tapahtumaan seuraavaksi.

Tekoälysovellukset voivat oppia tunnistamaan oikeastaan minkä tahansa objektin kunhan saavat syötteenä tarpeeksi esimerkkejä kyseisestä objektista. Kone muodostaa esimerkkien perusteella itse itselleen säännösten, jonka mukaan se tunnistaa objektin. Objektin tunnistaminen tapahtuukin parhaiten syväoppimisen avulla.

Etukäteen tunnistamissääntöjä on vaikea antaa. Tämän voi todeta vaikka katselemalla kolikkoa. Sen muoto voi näyttää pyöreältä, soikiolta, viivalta, pisteeltä tai kuun sirpiltä riippuen katselukulmasta, etäisyydestä ja siitä, peittääkö vaikka sormi sitä osittain. Silti ihminen tunnistaa sen helposti kolikoksi. Ihminen on oppinut tunnistamaan kolikot kohtaamalla niitä usein ja näistä kohtaamisista on muodostunut aivokuorelle aivosolujen verkostoon kolikon käsite. Toisin sanoen tietyt aivosolujen väliset yhteydet aktivoituvat aina ihmisen nähdessä kolikon. Samalla tavalla kone oppii muokkaamalla yhteyksiään saamansa syötteen perusteella.

Sovelluskohteet

Pisimpään konenäköä on käytetty teollisuuden lajittelussa ja laadunvalvonnassa. Esimerkiksi linjastoa tarkkaileva konenäkö voi tarkistaa tuotteen mitat ja rakenteen, lukea viivakoodin ja laskea tuotteiden määriä. Tämän kaiken se tekee huomattavasti tarkemmin ja nopeammin kuin ihminen. Teollisuuden konenäkösovellukset ovatkin hyvä esimerkki siitä, minkälaisia tehtäviä kannattaa siirtää ihmiseltä koneelle. Kuvantunnistuksen voi ottaa käyttöön tuotantolinjalla tarvittaessa melko nopeasti, kunhan syväoppiva kuvantunnistussovellus saa aluksi riittävän määrän näytteitä, jotta se oppii erottamaan poikkeamat tuotannossa.



Toinen tärkeä konenäön sovelluskohde on lääketieteen kuva-analyysi. Lääketieteellisten kuvien ja tiedon määrä on lisääntynyt, ja samalla tutkimukset ovat monimutkaistuneet. Tekoälyä voidaan käyttää apuna esimerkiksi poimimaan röntgenkuvista olennaiset alueet tai parantamaan kuvanlaatua. Tekoälyyn pohjautuva diagnostiikka on paitsi nopeampaa kuin ihmisen tekemä, myös tarkempaa ja huomattavasti nykyistä halvempaa. Täysin ilman ihmistä diagnooseja ei kuitenkaan vielä tehdä, vaan sovelluksia käytetään lääkärin työssä apuvälineenä.

Tekoälyn näkökulmasta mielenkiintoisia objektin tunnistamisen sovelluskohteita ovat itsestään ajavat autot ja robotiikka. Liikkumiseen ja tilassa toimimiseen tarvitaan jatkuvasti havaintoja ympäristöstä. Liikkuva robotti voi havaita esteitä esimerkiksi infrapuna-antureiden avulla. Itsestään ajavan auton täytyy lisäksi tunnistaa mikä este on kyseessä. Onko tiellä esimerkiksi tyhjä muovipussi, jonka yli voi ajaa, vai onko siinä iso kivi? Tällaiseen havaitsemiseen tarvitaan objektin tunnistamista syväoppimisen avulla. Tiedonkäsittelyn nopeus on tällaisessa havaitsemisessa tärkeää. Mitä nopeammin robotti tai auto liikkuu, niin sitä reaaliaikaisemmin objektin tunnistuksen täytyy tapahtua.

Yksi tärkeä uusi konenäön tutkimusalue on sosiaalinen havaintokyky. Koneet osaavat havaita jo mikroilmeitä ja päätellä niistä tunnetiloja, mutta lisäksi koneiden pitäisi vielä ymmärtää, miksi ihmisellä on jokin tunne ja miksi he reagoivat tietyllä tavalla. Varsinkin ihmisten kanssa toimivan tekoälyn tulisi ymmärtää tällä tavalla ihmisen käyttäytymistä.

Myös lisätty todellisuus muodostaa mielenkiintoisen sovelluskohteen. Lisätty todellisuus (engl. augmented reality, lyhennetään ar tai AR) tarkoittaa sitä, kun esimerkiksi kännykän näytölle lisätään tietokoneella tuotettuja sisältöjä näkymään todellisen ympäristön näkymän päälle. Nämä sisällöt voivat olla kuvaa, ääntä, videota, tekstiä tai tietoa sijainnista. Jotta lisätty sisältö tulisi oikeaan kohtaan todellista ympäristöä, ohjelman tulee tunnistaa ja seurata kännykän kameran kautta saatavaa kuvaa ympäristön objekteista.

Ihmisen havaintokykyyn kone ei vielä pysty

Vaikka rajatulla alueella kone tekeekin havaintojen luokittelussa vähemmän virheitä kuin ihminen, niin tosielämän monimuotoisen ja jatkuvasti muuttuvan ympäristön havaitsemisessa koneet eivät vielä kykyne ihmisen havaintokykyyn. Kaikesta siitä, mitä ihminen voi nähdä, ei voida luoda koneelle opetusaineistoa. Kone ei vielä myöskään osaa vastata kysymykseen siitä, miksi kuvassa jokin asia on kuten on.

Ero on myös siinä, että ihminen kykenee havaitsemaan ja tunnistamaan asioita, joita kohtaa harvoin tai ensimmäistä kertaa. Toisin sanoen ihminen voi oppia jopa kertakokemuksesta, kun taas syväoppiva neuroverkko vaatii useita syötteitä samasta asiasta.



Tärkeää

Konenäköön ja objektin tunnistukseen liittyvät tekoälysovellukset ovat kehittyneet nopeasti 2010-luvulta alkaen erityisesti syväoppimisen ansiosta.

Konenäön tärkein sovelluskohde on teollisuuden laaduntarkkailussa, missä esimerkiksi tuotantolinjastoa tarkkaileva konenäkö pystyy havaitsemaan vialliset tuotteet paljon ihmistä tarkemmin ja nopeammin.

Pohdittavaa

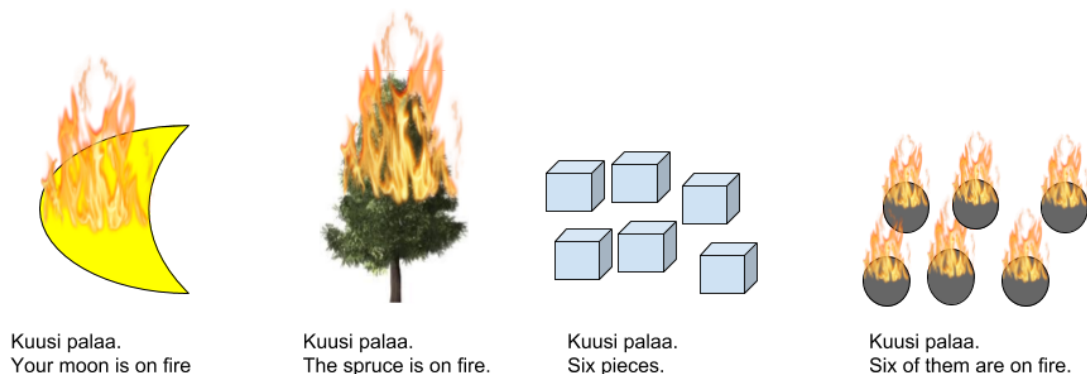
Yläaste, lukio ja aikuiset

Selvitä mitä tarkoittaa CAPTCHA ja mikä on sen yhteys konenäön tekoälysovelluksiin.



Luonnollisen kielen käsittely

Monet tekoälysovellukset tarvitsevat kykyä ymmärtää ja tuottaa ihmisten käyttämää kieltä eli luonnollista kieltä. Tietojenkäsittelyn näkökulmasta luonnollinen kieli on kuitenkin epätäsmällistä. Se on sekä laaja että monimuotoinen, ja lisäksi rajoiltaan avoin järjestelmä.



Kuva 5. Esimerkki kielen epätäsmällisyydestä.

Jotta luonnollista kieltä voitaisiin koneellisesti ymmärtää ja tuottaa, niin sitä täytyisi ensin käsitellä. Luonnollisen kielen käsittely (Natural Language Processing, NLP) tarkoittaa tietokoneohjelmien käyttämistä luonnollisen tekstin ja puheen analysointiin ja tuottamiseen.

Luonnollisen kielen käsittelyä tekee kieliteknologia, joka eriytyi yleisestä kielen tutkimuksesta omaksi oppiaineekseen 1960-luvulla tietokoneiden kehittymisen myötä. 1980-luvulla syntyi laajempi tarve kielen prosessoinnille, kun PC-koneiden yleistymisen toi tekstinkäsittelyjärjestelmän joka pöydälle. Tällöin kehitettiin ensimmäiset tavuttimet sekä oikeinkirjoituksen- ja kieliopintarkistimet. Tietoja alettiin tuottamaan ja tallentamaan elektroniseen muotoon yhä enemmän.

Luonnollisen kielen prosessointi oli kuitenkin vielä kankeaa ja esimerkiksi kielen kääntäminen tapahtui yksi sana kerrallaan. Luonnollista kieltä oli perinteisen loogisen ohjelmoinnin puitteissa vaikea mallintaa.

press space bar = lehdistön
avaruusbaari
I'll be back = tulen olemaan selkä

2000-luvulla syväoppiminen on vienyt luonnollisen kielen prosessoinnin täysin uudelle tasolle. Neuroverkot mahdollistavat monisäikeistenkin merkitysten mallintamisen, koska ne voivat oppia esimerkkien avulla. Epätäsmällisille merkityssuhteille ei tarvitse edes

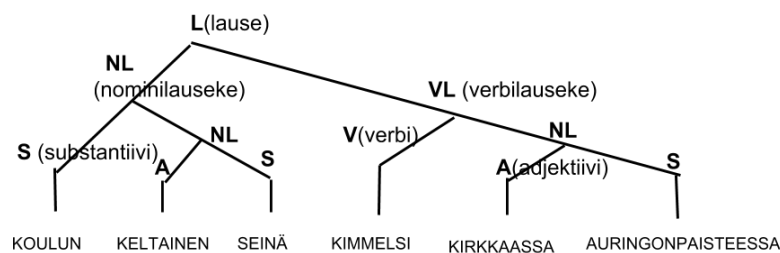


yrittää antaa sääntöjä. Neuroverkkojen algoritmien kehittymisen lisäksi myös tietokantojen kasvu on osaltaan edistänyt luonnollisen kielen käsittelyä.

Luonnollisen kielen eri tasot

Luonnollisessa kielessä on erilaisia tasoja, jotka ovat enemmän tai vähemmän helposti mallinnettavissa. Esimerkiksi fonetiikassa, joka tutkii äänteitä, tutkimuskohde on fyysikaalisesti olemassa ja mitattavissa ja siten helposti mallinnettavaa. Esimerkiksi äänen taajuus on mitattavissa ja ilmoitettavissa hertseinä, ja jokaisella vokaalilla on oma taajuusalueensa.

Helposti mallinnettava on myös syntaksin taso. Syntaksi tarkoittaa lauseiden rakenteen ja rakenteiden välisten suhteiden tutkimista. Nämä rakenteet on esitettävissä esimerkiksi syntaktisten puiden mallin avulla.



Kuva 6. Syntaktinen puu

Luonnollisen kielen tasoista semantiikka ja varsinkin pragmatiikka ovat puolestaan haastavampia mallintaa. Semantiikka käsittelee kielen merkityksiä ja esimerkiksi **sanojen suhdetta** maailmaan. Koneoppimisen mallit kuitenkin pystyvät jo oppimaan myös merkityksiä ja käsitteiden välisiä suhteita.

Esimerkkejä merkitysten välisistä suhteista: Homonymiä eli monimerkityksellisyys (kuusi palaa!) ja synonymia eli samamerkityksellisyys (vuode, sänky, peti)

Pragmatiikka puolestaan tutkii kielen käyttöä laajemmassa kontekstissa. Ihmiset viestivät usein enemmän kuin sanovat ääneen. Useimmat kielen lauseista ovat monitulkintaisia, mutta emme yleensä huomaa sitä, koska merkitys on meille selvä kontekstista. Jos joku sanoo "kuusi palaa" niin tiedämme yleensä varmasti mitä tarkoitetaan. Pragmatiikan alaa ovat myös ihmisen kielelliseen viestintään liittyvät



sanattomat sopimukset, joita voidaan myös rikkoa esimerkiksi ironin ja vitsailun tapauksessa. Kielenkäytön laajempaa kontekstia koneiden on vielä mahdoton tavoittaa.

Luonnollisen kielen käsittelyn vaiheet

Luonnollinen kieli saadaan tietokoneelle kelpaavaan muotoon monivaiheisen prosessin avulla. Käsittely lähtee teksti- tai äänipohjaisen aineiston esikäsittelystä. Esikäsittelyssä aineistosta poistetaan tehtävän kannalta epäoleellinen sisältö, kuten esimerkiksi sivun ylä- ja alatunnisteet, sähköpostien osoitekentät ja sivunumerot. Varsinaiseen kielen käsittelyyn on olemassa useita menetelmiä. Tällaisia ovat esimerkiksi usein yhdessä esiintyvien sanaparien ja -ryhmien tunnistaminen sekä erilaiset ongelman kokoa pienentävät pakkausmenetelmät.

Riippuen kyseessä olevasta tehtävästä aineistosta, muodostetaan lopuksi erilaisia malleja koneoppimisen avulla. Lopuksi mallit arvioidaan ja niitä käytetään sovelluksessa.

Luonnollisen kielen käsittely tekoälysovelluksissa

Tekoälysovellusten tulee osata käsitellä luonnollista kieltä erityisesti silloin, kun sovellukset liittyvät ihmisten väliseen tai ihmisten kanssa tapahtuvaan kommunikointiin. Esimerkiksi keskustelupalstojen moderointi, konekääntäminen, automaattinen puheentunnistus, automaattinen tekstin tuottaminen ja puheen kääntäminen tekstiksi vaativat luonnollisen kielen prosessointia.

Esimerkkinä suhteellisen helposta kielellisestä tehtävästä tekoälysovelluksessa on roskapostin suodatusohjelma, joka ohjaa roskapostikansioon kaikki viestit, jotka sisältävät esimerkiksi sanat 'casino' ja 'bonus'. Astetta vaikeampaa luonnollisen kielen käsittely on hakukoneella tietoa haettaessa, kun koneen on tunnistettava hakusanojen erilaisia taivutusmuotoja.

Kielestä toiseen kääntäminen, merkityksen tiivistäminen ja kysymyksiin vastaaminen ovat kaikkein haastavimmat tehtävät luonnollisen kielen prosessoinnin suhteen. Tekoälyn laatu testiksi onkin esitetty niin kutsuttua Turingin testiä, missä ihmistestaaja ei tiedä vastaako hänen kysymyksiinsä tietokoneohjelma vai ihminen. Jos testaaja erehtyy luulemaan tietokoneohjelman vastauksia ihmisen vastauksiksi, niin tekoälyn katsotaan saavuttaneen ihmisen tason. Testiä voidaan käyttää chattibottien laadun määrittämiseen, mutta sen avulla ei voida yleisemmin määritellä älykkyyttä tai ajattelua. Useat kehittyneet tekoälysovellukset eivät ensinnäkään kommunikoi ihmisen kanssa ja siten ne eivät läpäisisi testiä kehittyneestä tekoälystään huolimatta. Toisaalta ihmisenkään älykkyys ei aina ilmene kielellisesti.

Vaativissa kielenkääntämisen ja merkityksen tiivistämisen tehtävissä on kehitytty merkittävästi 2010-luvulla. Ohjelmistot ymmärtävät nykyään lauseen semantiikkaa ja myös kontekstuaalista merkitystä yhä paremmin. Tällöin esimerkiksi konekäännösten



laatu on parantunut ja esimerkiksi automaattinen asiakaspalvelu ymmärtää koko ajan paremmin asiakkaitaan. Ymmärrys on parantunut sekä kirjoitetun että puhutun kielen suhteen. Puhe on ihmiselle ensisijainen tapa käyttää kieltä. Puheen tunnistukseen perustuvat sovellukset lisääntyvätkin nyt nopeasti. Tunnetuimpia niistä lienevät Applen ja Amazonin ääniohjattavat assistentit Siri ja Alexa. Ääniohjattavasti sovelluksista on hyötyä myös esimerkiksi näkövammaisille.

Tärkeää

Tekoälysovellusten tulee osata käsitellä luonnollista kieltä erityisesti silloin, kun sovellukset liittyvät ihmisten väliseen tai ihmisten kanssa tapahtuvaan kommunikointiin. Tietojenkäsittelyn näkökulmasta luonnollinen kieli on kuitenkin epätäsmällistä. Tämän vuoksi sitä pitää käsitellä. Tällaista kielenkäsittelyä tekee kieliteknologia.

Pohdittavaa

Alakoulu,

Testaa miten hyvin kone ymmärtää puhettasi tai kirjoitustasi? (Hae netistä hakusanalla *chatbot* tai käytä kännykkäsi assistenttia) Yritä kysyä jotain mihin vain ihminen tietää vastauksen. Mikä ihmisen kielenkäytössä on hankalaa koneelle?

Yläkoulu, lukio ja aikuiset

Etsi hakukoneella lisätietoja ja videoita kieltä oppivista neuroverkoista, esimerkiksi hakusanoilla *neural network learns to speak*. Huomaa miten ne oppivat puhumaan samaan tapaan kuin lapset. Aluksi neuroverkon puheen tuottaminen on satunnaista ääntelyä mutta mitä useampia kertoja se käsittelee syötettä niin sitä ymmärrettävämmäksi puhe kehittyy.



Robotiikka

Robotit ovat kaikkein tutuin tekoälyn ilmentymä viihdeteollisuuden ansiosta. Ihmisen kaltaiseen älykkyyteen kykenevät Star Trekin Data, Terminaattori, Star warsin R2-D2 ja C-P3O. Myös useat muut elokuvista tutut robotit ovat miettineet tietoisuuttaan ja tuoneet esiin ihmisten ja robottien välisiä eroja. Itse robotti-sanakin on lähtöisin näytelmästä. Sitä käytettiin ensimmäisen kerran tsekkiläisen Karel Capekin näytelmässä R.U.R (Rossum's universal Robots) vuonna 1920. Näytelmässä käsiteltiin kovin ajankohtaiselta kuulostavia aiheita. Siinä robotit ovat vieneet ihmisten työpaikat ja ihmisten on mietittävä niiden tunteita ja oikeuksia. Näytelmä ennakoி tulevaisuutta myös siinä, että suurin osa nykyään olemassa olevista roboteista on tehtaissa toimivia teollisuusrobotteja.

Vaikka tavallisille ihmisille sanasta robotti tulee yleensä mieleen ihmisen kaltaiset humanoidirobotit, niin teollisuusrobotit eivät muistuta ihmistä. Niiden ulkonäkö on suunniteltu käyttötarkoitusta varten. Teollisuudessa robottien avulla pyritään poistamaan tai vähentämään vaarallisten, vaikeiden tai rutiininomaisten tehtävien teettämistä ihmisillä.

Automatiikan ja robotiikan käsitteet ovat läheisiä. Sekä automaatin että robotin voi määritellä laitteeksi, joka suorittaa jotain mekaanista tehtävää. Erona on se, että robottia ohjaa aina tietokone, kun taas automaatti voi toimia mekaanisesti ilmankin. Esimerkiksi patterin termostaatti voi toimia ilman tietokonetta. Kun tietokone ohjaa jonkin järjestelmän toimintaa, niin voidaan puhua sulautetusta järjestelmästä. Toisin sanoen tietokone on sulautettu osaksi järjestelmää. Kaikki robotit ovat siten sulautettuja järjestelmiä.

Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissa 2014 on määrätty seuraava tavoite yläkoulun käsitöiden oppimistavoitteisiin liittyen: "Käytetään sulautettuja järjestelmiä käsityöhön eli sovelletaan ohjelmointia suunnitelmiin ja valmistettaviin tuotteisiin" (OPH 2014: Vuosiluokat 7-9, käsityö S3). Yläkoulussa oppilaan tulisi siis valmistaa sulautettu järjestelmä, esimerkiksi robotti tai muu ohjelmoitavalla tietokoneella ohjattu tuote. Tutustu robotiikkaan ja sulautettuihin järjestelmiin tarkemmin oppimateriaalista Johdatus robotiikkaan.

Ihmisrobotiikka

Ihmisrobotiikka on pieni ja erittäin vaativa robotiikan erikoisala. Se käsittää käytännössä kaikki tekoälyn tärkeimmät osa-alueet eli loogisen päättelyn, tulevien tapahtumien ennakoimisen, luonnollisen kielen käsittelyn ja konenäön. Lisäksi robotin pitäisi kyetä liikkumaan sekä tunnistamaan että ilmentämään tunteita. Nämä kyvyt eivät olisi



mahdollisia ilman koneoppimista. Ihmisen kaltaisesti liikkuvien tai puhuvien robottien parissa onkin otettu edistysaskelia koneoppimisen kehittymisen myötä.

Ihmiselle luontaisen liikkumisen mallintaminen on haasteellinen tehtävä. Tämän vuoksi mallia onkin katsottu myös yksinkertaisimmista olioista, kuten hyönteisistä ja käärmeistä. Helpointa liikkuminen on tietenkin pyörillä kulkevilla roboteilla, mutta ne eivät pärjää esteen tullessa eteen.

Robottiikan voidaan ajatella muodostavan oman tekoälyn koulukuntansa eli kehollistetun tekoälyn (engl. embodied AI), jonka mukaan älykäs toiminta syntyy vuorovaikutuksessa ympäristön kanssa. Ihmisenkin älykkyyden yhteydessä kehollisuuden merkitystä on alettu ymmärtämään, eikä älykkyyttä pidetä enää pelkästään aivojen ansiona. Yhä yleisemmin ihminen nähdään kokonaisuutena, jossa vuorovaikutus fyysisen ja sosiaalisen ympäristön kanssa, emootiot ja jopa suoliston bakteerit vaikuttavat kaikkeen toimintaamme.

Robotin vuorovaikutus ympäristön kanssa tapahtuu antureiden ja toimilaitteiden avulla. Antureiden kautta robotti saa syötettä, jota se käsittelee tietokoneensa prosessorissa. Toimilaitteet tekevät prosessoinnin tulokset nähtäväksi tai kuultavaksi. Tätä voi verrata ihmisen toimintaan. Kun saamme aistien avulla havaintoja ympäristöstämme, käsittelemme havaintoja aivoissamme ja tämän käsittelyn seurauksena toimilaitteemme, eli kehomme ja kielellinen järjestelmämme, toimivat tietyllä tavalla.

Robottiikkaan liittyvät filosofiset kysymykset

Monet filosofiset kysymykset korostuvat, kun tekoäly siirtyy virtuaalisesta maailmasta fyysikaaliseen maailmaan toimimaan ihmisten parissa. Osa kysymyksistä liittyy tekoälyn etiikkaan. Koneoppimisen ansiosta tekoäly on yhä autonomisempaa, mikä tarkoittaa sitä, että tekoäly kykenee itse päättämään miten ja milloin toimii. Tämä voi herättää pelkoja tai ainakin kysymyksen siitä, kuka on vastuussa robotin toiminnasta. Voiko se päättää toimia alkuperäisen suunnitelman vastaisesti? Onko se silloin itse moraalisesti vastuussa teoistaan?

Toisenlaiset filosofiset kysymykset liittyvät robottien tietoisuuteen ja "ihmisoikeuksiin". Ihmisellä on taipumus inhimillistä tekoälysovelluksia ja ymmärrettävästi varsinkin humanoidirobotteja. Kyseessä on niin sanottu ELIZA -efekti. Saatamme ajatella alitajuisesti pankkiautomaatin viestivän meille, kun sen näytöllä lukee "ota kuitti", vaikka se vain suorittaa ennalta ohjelmoidun merkkijonon esittämisen. Tämän vuoksi pidämme usein robotteja älykkäämpinä kuin ne ovatkaan, ja siten meidän on helppo kuvitella niille myös tietoisuus. Kuten älykkyyden mallintamisesta käsittelevässä kappaleessa todettiin, ihmisenkään tietoisuudesta emme vielä tiedä kaikkea. Siten on ennenaikaista muodostaa käsityksiä robottienkaan tietoisuudesta.



Tärkeää

Suurin osa olemassaolevista roboteista on tehtaissa toimivia teollisuusrobotteja.

Automatiikan ja robotiikan käsitteet ovat läheisiä. Sekä automaatin että robotin voi määritellä laitteeksi, joka suorittaa jotain mekaanista tehtävää. Erona on se, että robottia ohjaa aina tietokone, kun taas automaatti voi toimia mekaanisesti ilmeinkin.

Ihmisrobotiikka on pieni ja vaativa robotiikan erikoisala. Siinä yhdistyy kaikki tekoälyn osa-alueet, kuten konenäkö, luonnollisen kielen käsittely ja tapahtumien ennakointi. Lisäksi ihmisrobotin pitäisi kyetä liikkumaan sekä tunnistamaan että ilmentämään tunteita.

Pohdittavaa

Alakoulu

1.

Leikitään robottileikkiä, missä liikutaan noudattamalla vain ennalta määriteltyjä liikkumiskomentoja ja toistorakennetta. Käytettäviä komentoja voi olla esimerkiksi:

Askel eteenpäin

Käänny oikeaan

Käänny vasempaan

Toista X kertaa _____

Leikin myötä tutustutaan ohjelmoinnin peruseräperiaatteisiin eli komentojen antamiseen ja vaihteellisuuteen.

Yläkoulu

2.

Etsi lisätietoa Isaac Asimovin Robotiikan kolmesta säännöstä. Riittävätkö nämä tieteiskirjallisuudessa kehitetyt säännöt tekemään robotiikasta turvallista?

Lukio ja aikuiset

3.

Vertaa tekoälysovelluksen autonomisuutta ja ihmisen vapaa tahtoa? Onko ihmisenkään täysin autonominen, kun käyttäminen perustuu geeneihin, ympäristöön ja aiempiin kokemuksiin?

Voiko liikkumaton robotti olla autonominen?



Lopuksi

Tekoälyn kehitys on ollut nopeaa ja se on jo johtanut muutoksiin länsimaisen ihmisen elämässä. Tulevaa kehitystä on vaikea ennustaa, mutta sitä voi ja tulee pyrkiä ohjaamaan. Vähintäänkin on pyrittävä minimoimaan tekoälyn kehitykseen liittyviä riskejä ja haittoja. Lisäksi voidaan asettaa tavoitteeksi rakentaa ihmiskunnan hyväksi toimiva tekoäly. Näitä asioita on hyvä miettiä juuri nyt, kun uusiin tehokkaampiin tekoälysovelluksiin liittyvät käytännöt ovat vasta muotoutumassa uusien tekniikoiden, kuten syväoppimisen kehittymisen myötä.

Tekoälytutkimukseen liittyviä sääntöjä ja käytäntöjä mietittäessä tärkeiksi arvoiksi on nostettu avoimuus, vastuullisuus ja yhteiskunnallinen hyöty. Avoimuus liittyy tekoälysovellusten vakauteen eli siihen, että ne toimivat siten kuin ne on suunniteltu. Tästä voidaan olla varmoja vain, jos sovellusten toiminta on läpinäkyvää.

Avoimuuden vaatimus liittyy myös ihmisten yksityisyyden suojaan. Tekoälyn käyttämän tietokannan tietoja pitää pystyä korjaamaan ja päätöksenteon perusteet pitää pystyä jäljittämään. Näin tekoälyyn perustuvien järjestelmien toiminta on myös vastuullista.

Esimerkkejä tekoälyn tulevaisuutta ja arvoja pohtivista toimijoista:
<https://ai100.stanford.edu/>
<https://www.tekoalyaika.fi/>

Jotta tekoälyn kehittyminen hyödyttäisi koko yhteiskuntaa on julkisen vallan pystyttävä vaikuttamaan kehityksen suuntaan. Tällä hetkellä tekoälyn kehitys tapahtuu lähinnä markkinavetoisesti ja yritysten liiketoiminnan ohjaamana. Tämän vuoksi yhtenä huolenaiheena on tekoälyn tuottamien hyötyjen epätasainen jakautuminen. Tällainen epätasaisuus voi näkyä kasvavina tulo- ja varallisuuseroina ja uhata yhteiskunnan sosiaalista yhteenkuuluvuutta. Julkisen vallan osallistuminen voi tapahtua esimerkiksi koulutuksen, tutkimuksen ja julkisten hankintojen kautta. Myös tavallisten kansalaisten tulisi voida osallistua keskusteluun. Tämän vuoksi tekoälyn toimintaperiaatteiden ja mahdollisuuksien tunteminen on tärkeää.

Tekoälyn mahdollisuuksiin tutustuminen voi aiheuttaa myös huolta tulevan kehityksen suunnasta. On kuitenkin hyvä pitää mielessä, että tekoälyn on aiemminkin liittynyt valtavasti suuria odotuksia, eikä niitä kaikkia olla aina pystytty lunastamaan. Niinpä kriittinen suhtautuminen on paikallaan nykyisenkin tekoälyinnostuksen aikana. Miten tekoäly ikinä kehittyikin, niin ihminen on jatkossakin monimutkaisten järjestelmien olennainen osa.



Sanasto

5G Erityisesti esineiden internetin tarpeisiin kehitettävät uudet matkapuhelinverkot ja langattomat tiedonsiirtojärjestelmät.

Algoritmi Yksityiskohtainen kuvaus tai toimintaohje jonkin tehtävän suorittamiseksi. Esimerkiksi keittokirjan reseptin voi ajatella olevan algoritmi, jota seuraamalla pystyy valmistamaan ruokaa.

Avoin data Julkishallinnon, organisaatioiden tai yritysten tuottamaa tai niille kertynyttä julkista tietoa, joka on avattu vapaasti ja maksutta kaikkien hyödynnettäväksi

Chattibotti Tietokoneohjelma, joka pystyy keskustelemaan käyttäjän kanssa yleensä kirjoitettujen tai puhuttujen viestin välityksellä. Käytetään paljon yritysten asiakaspalvelussa nettisivuilla.

Data Tietoa, jossa itsessään ei välttämättä ole merkityksiä, mutta siitä voidaan löytää merkityksiä. Digitaalista raaka-ainetta, kuten tietokantoja, tilastoja, taloustietoja, karttoja, kuvia, videotallenteita ja 3D-malleja.

Edge Computing Uusi teknologia, joka mahdollistaa päätelaitteessa tapahtuvan tietokannan käsittelyn, pilveen siirtämisen sijasta. Näin tietokannan käsittely tapahtuu reaaliaikaisesti.

ELIZA-efekti Taipumus alitajuisesti olettaa tietokoneelle ihmismäisiä ominaisuuksia. Nimi perustuu 1960-luvulla kehitettyyn ELIZA-tietokoneohjelmaan, joka toimi kuten nykyiset chattibotit.

Eväste (engl. cookies) Tietoa, jonka internetpalvelin tallentaa käyttäjän laitteelle. Selain lähettää tiedon takaisin kyseiselle palvelimelle. Eväste voidaan tallentaa käyttäjän laitteelle pysyvästi tai se voidaan poistaa palvelun käytön jälkeen. Esimerkiksi käyttäjän IP-osoite ja vierailut sivut.

GAPTCHA (Completely Automated Public Turing test to tell Computers and Humans Apart) Kuvantunnistustehtävä, jonka tarkoitus estää haittaohjelmien kirjautuminen tietokonejärjestelmiin. Voi olla esimerkiksi väännellyistä kirjaimista vaikealukuiseksi tehty sana tai kuvantunnistustehtävä. Koneoppivat järjestelmät ovat jo oppineet tunnistamaan tietynlaiset tekstipohjaiset Captchat.

GDPR (engl. General Data Protection Regulation) EU:n yleinen tietosuoja-asetus, joka säätelee henkilötietojen keräämistä ja käsittelyä.



Heikko tai kapea tekoäly Rajatulla alueella, kuten esimerkiksi puheentunnistuksessa, toimiva tekoäly, joka ei pyri ihmisen kaltaiseen älykkyyteen. Kaikki tekoälysovellukset edustavat toistaiseksi heikkoa tekoälykkyyttä. Heikkous ei tarkoita sitä, että sovellus toimisi huonosti tai heikosti. Kyse on heikkoudesta vain suhteessa vahvaan tai yleisiin tekoälyyn.

Humanoidi Mikä tahansa olento, joka muistuttaa ruumiinrakenteeltaan ihmistä

Informaatiokupla (engl. Filter bubble) Internetin käyttäjät näkevät heidän omia arvojaan ja näkemyksiään vastaavaa sisältöä, koska sitä räätälöidään käyttäjätietojen perusteella.

IoT (engl. Internet of Things) Esineiden Internet tarkoittaa internettiin kytkettyjä laitteita ja koneita, jotka keräävät yleensä jotain tietoja ja lähettävät ne tietokantaan. Esimerkiksi sähkömittari tai aktiivisuusranneke.

IP-osoite Numerosarja, jota käytetään internetverkkoon kytkettyjen verkkosovittimien yksilöimiseen. IP ei yksilöi käyttäjää.

Lisätty todellisuus (engl. augmented reality) Tietokoneella tuotettujen sisältöjen näkyminen esimerkiksi kännykän näytöllä todellisen ympäristön näkymän päälle. Nämä sisällöt voivat olla kuvaa, ääntä, videota, tekstiä tai tietoa sijainnista.

Lohkoketjutietokannat (engl. Blockchain) Tietokantojen tallennusmuoto, missä kaikilla käyttäjillä on sama päivittyvä versio tietokannasta. Koska jokainen muutos jää näkyviin eikä niitä voi jälkikäteen muuttaa, niin ketjun jäsenet voivat luottaa toisiinsa. Lohkoketjuteknologia mahdollistaa esimerkiksi digitaaliset valuutat kuten Bitcoinit, älykkäät sopimukset, mikromaksut ja äänestysjärjestelmät.

Mooren laki 1970 -luvulta lähtien tietokoneissa käytettävien transistorien määrä on kaksinkertaistunut noin kahden vuoden välein. Transistorien määrä on yksi tekijä tietokoneiden laskentatehon kasvamisessa.

Neuroverkko Ihmisaivoista inspiraation saanut tiedonkäsittelyn tapa. Neuroverkko koostuu yhdestä syötetasosta, vähintään yhdestä piilotetusta tasosta ja tulostetasosta. Jokainen taso sisältää verkon solmuja eli noodeja, jotka suorittavat laskuja ja muita operaatioita ja ovat yhteydessä edeltävän ja seuraavan tason noodeihin. Signaali siirtyy solmusta eteenpäin tiettyjen sääntöjen perusteella alkaen syötetasosta ja edeten piilotettujen tasojen läpi tulostetasolle. Jokaisella yhteydellä on tietty vahvuus ja se voi muuttua nooidien operaatioiden myötä.

Ohjelmointi Toimintaohjeiden antamista tietokoneelle ohjelmointikielten avulla. Suosittuja tekoälyn ohjelmointikieliä ovat Python, Lisp, Prolog, Java ja C++.

Pilvipalvelu Yritysten tarjoama tietokantojen tallennuspaikka, joka on käytettävissä internetin kautta.



Singulariteetti Hypoteesi, että yli-inhimillinen tekoäly kiihdyttää ihmiskunnan teknologisen kehityksen ja sosiaalisen muutoksen niin nopeaksi, että ihmiset eivät pysty enää ymmärtämään tai ennustamaan tulevaisuutta.

Syväoppiminen Useista tasoista koostuvissa neuroverkoissa tapahtuvaa koneoppimista kutsutaan syväoppimiseksi (engl. deep learning). Useimmat verkon tasot mahdollistavat useampia välivaiheita ja siten monimutkaisempien tehtävien suorittamisen. Syväoppimisen ansiosta tekoäly on oppinut muun muassa tunnistamaan asioita kuvista sekä ymmärtämään ja tuottamaan luonnollista kieltä.

Tiedon louhinta (engl. data mining) Data-analyysin menetelmät, joilla oleellinen tieto löydetään suurista tietomassoista.

Tunnetekoäly (engl. emotional artificial intelligence) Emootioiden tunnistaminen ja hyödyntäminen ihmisen ja koneen välisessä vuorovaikutuksessa.

Turingin testi Alan Turingin vuonna 1950 kehittämän Imitation Game nimiseen testiin perustuva tekoälyn laatutesti, missä ihmistestaaja ei tiedä vastaako hänen kysymyksiinsä tietokoneohjelma vai ihminen. Jos testaaja erehtyy luulemaan tietokoneohjelman vastauksia ihmisen vastauksiksi, niin tekoälyn katsotaan saavuttaneen ihmisen tason. Testiä voidaan käyttää chattibottien laadun määrittämiseen, mutta sen avulla ei voida yleisemmin määritellä älykkyyttä tai ajattelua.

Vahva tai yleinen tekoäly (engl. Artificial general intelligence AGI) Ihmisenkaltaiseen laajaan ja joustavaan älykkyyteen kykenevä tekoäly, joka osaa soveltaa älykkyyttään uusiin tehtäviin. Joidenkin mielestä vahva tekoäly omaa myös tietoisuuden, mutta tästä ei olla yksimielisiä. Toistaiseksi vahvaa tekoälyä ei olla kehitetty.

Virtuaalitodellisuus (engl. Virtual reality, VR) tietokoneella tuotettujen aistimusten avulla luotu keinotekoinen ympäristö, joka voi joko pyrkiä simuloimaan jotakin todellista ympäristöä tai luoda täysin kuvitteellisen ympäristön.

