



Tekoäly

Tekoäly(**Tekoäly**) on laskennallisten järjestelmien kyky suorittaa tyyppillisesti ihmisen älykkyyteen liittyviä tehtäviä, kuten oppimista, päättelyä, ongelmanratkaisua, havaitsemista ja päätöksentekoa. Se on tietojenkäsittelytieteen tutkimusalue, joka kehittää ja tutkii menetelmiä ja ohjelmistoja, joiden avulla koneet voivat havaita ympäristönsä ja käyttää oppimista ja älykkyyttä toimiin, jotka maksimoivat niiden mahdollisuudet saavuttaa määritellyt tavoitteet.[1]

Tunnettuja tekoälyn sovelluksia ovat edistyneet verkkohakukoneet (esim. Google Search); suosittelijärjestelmät (joita käyttävät YouTube, Amazon ja Netflix); virtuaaliassistentit (esim. Google Assistant, Siri ja Alexa); autonomiset ajoneuvot (esim. Waymo); generatiiviset ja luovat työkalut (esim. Kielimallit ja tekoälytaide); sekä yli-inhimillinen pelaaminen ja analysointi strategiapeleissä (esim. shakki ja Go). Monia tekoälysovelliuksiä ei kuitenkaan pidetä tekoälynä: "Suuri osa huippuluokan tekoälystä on levinnyt yleisiin sovelluksiin, usein ilman, että sitä kutsutaan tekoälyksi, koska kun jostakin tulee tarpeksi hyödyllinen ja yleinen, sitä ei enää kutsuta tekoälyksi." [2][3]

Tekoälytutkimuksen useat osa-alueet keskittyvät tiettyihin tavoitteisiin ja tiettyjen työkalujen käytöön. Tekoälytutkimuksen perinteisiin tavoitteisiin kuuluvat oppiminen, päättely, tiedon esittäminen, suunnittelu, luonnollisen kielen käsitteily, havaitseminen ja robotiikan tukeminen.[yksi] Näiden tavoitteiden saavuttamiseksi tekoälytutkijat ovat omaksuneet ja integroineet laajan valikoiman teknikoita, kuten haku- ja matemaattista optimointia, formaalia logiikkaa, tekoälyverkkoja sekä tilastotieteeseen, operaatiotutkimukseen ja taloustieteeseen perustuvia menetelmiä.[b] Tekoäly hyödyntää myös psykologiaa, kielitiedettä, filosofiaa, neurotieteitä ja muita aloja.[4]

Jotkin yritykset, kuten OpenAI, Google DeepMind ja Meta,[5] tavoitteena on luoda tekoäly (AGI) – tekoäly, joka pystyy suorittamaan käytännössä minkä tahansa kognitiivisen tehtävän vähintään yhtä hyvin kuin ihminen.

Tekoäly perustettiin akateemisena tieteentalana vuonna 1956,[6] ja ala koki useita optimismin syklejä historiansa aikana,[7][8] joita seuraavat pettymyksen ja rahoituksen menetyksen jaksot, jotka tunnetaan tekoälytalvina.[9][10] Rahoitus ja kiinnostus kasvoivat valtavasti vuoden 2012 jälkeen, kun grafiikkaprosessoreita alettiin käyttää neuroverkkojen kiihdytämiseen ja syyäoppimisen ylitti aiemmat tekoälytekniikat.[11] Tämä kasvu kiihtyi entisestään vuoden 2017 jälkeen muuntaja-arkkitehtuurin myötä.[12] 2020-luvulla kehittyneen generatiivisen tekoälyn nopea kehityskausi tuli tunnetuksi tekoälybumina. Generatiivisen tekoälyn kyky luoda ja muokata sisältöä on johtanut useisiin tahattomiin seurauksiin ja haittoihin, mikä on herättänyt eettisiä huolenaiheita tekoälyn pitkän aikavälin vaikutuksista ja mahdollisista eksistentiaalisista riskeistä. Tämä on johtanut keskusteluun sääntelypoliikoista teknologian turvallisuuden ja hyötyjen varmistamiseksi.

Tavoitteet

Älykkyyden simuloinnin (tai luomisen) yleinen ongelma on jaettu alaongelmiin. Nämä koostuvat erityisistä ominaisuuksista tai kyvyistä, joita tutkijat odottavat älykkäältä järjestelmältä. Alla kuvatut ominaisuudet ovat saaneet eniten huomiota ja kattavat tekoälytutkimuksen laajuuden.[yksi]

Päätely ja ongelmanratkaisu

Varhaiset tutkijat kehittivät algoritmeja, jotka jäljittelivät askel askeleelta etenevää päätelyä, jota ihmiset käyttävät ratkaistessaan pulmia tai tehdessään loogisia päätelmiä.[13] 1980-luvun lopulla ja 1990-luvulla kehitettiin menetelmiä epävarman tai epätäydellisen tiedon käsittelyyn hyödyntäen todennäköisyyslaskennan ja taloustieteen käsitteitä.[14]

Monet näistä algoritmeista eivät riitää ratkaisemaan suuria päätelyongelmia, koska ne kokevat "kombinatorisen räjähdyksen": ne hidastuvat eksponentiaalisesti ongelmien kasvaessa.[15] Ihmisetkään eivät juurikaan käytä sitä askel askeleelta tapahtuvaan päätelyä, jota varhainen tekoälytutkimus kykeni mallintamaan. He ratkaisevat suurimman osan ongelmistaan käyttämällä nopeita ja intuitiivisia arviointeja.[16] Tarkka ja tehokas päätely on ratkaisematon ongelma.

Tiedon esittäminen

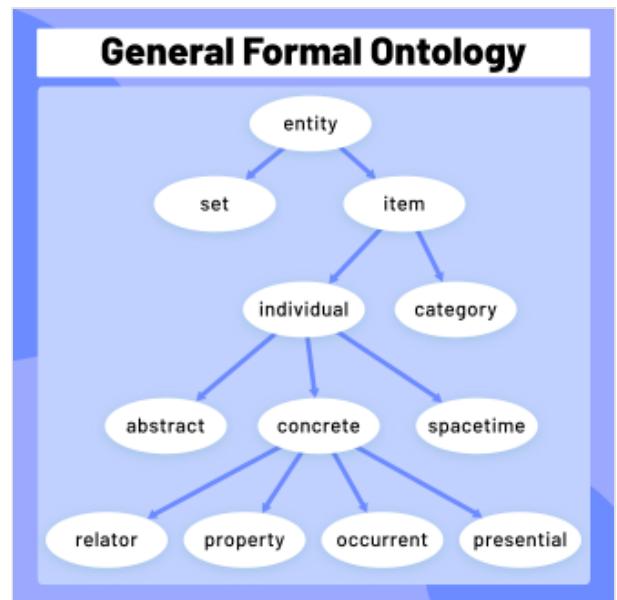
Tieto edustus ja tieto teknikka[17] mahdollistavat tekoälyohjelmien vastata kysymyksiin älykkäästi ja tehdä päätelmiä tosielämän tosiasiosta. Muodollisia tiedon esittäminen käytetään sisältöpohjaisessa indeksioinnissa ja haussa,[18] kohtauksen tulkinta,[19] klininen päätöksentuki,[20] tiedon löytäminen ("mielenkiintoisten" ja toiminnallisten johtopäätösten louhinta suurista tietokannoista),[21] ja muilla alueilla.[22]

Tietokanta on tietokokonaisuus, joka on esitetty muodossa, jota ohjelma voi käyttää. Ontologia on joukko objekteja, relaatioita, käsitteitä ja ominaisuuksia, joita tietty tiedonala käyttää.[23]

Tietokantojen on edustettava asioita, kuten objekteja, ominaisuuksia, luokkia ja objektienvälistä suhteita;[24] tilanteet, tapahtumat, tilat ja aika;[25] syyt ja seuraukset;[26] tiedot tiedosta (mitä tiedämme muista asioista)

ihmiset tietävät);[27] oletuspäätely (asiat, joita ihmiset olettavat olevan totta, kunnes ne kerrotaan toisin, ja jotka pysyvät totena, vaikka muut tosiasiat muuttuisivat);[28] ja monia muita tiedon osa-alueita ja osa-alueita.

Tiedon esittämisen vaikeimpia ongelmia ovat maalaisjärjen mukaisen tiedon laajuus (keskivertoihmisen tietämä atomitason faktoiden joukko on valtava);[29] ja useimpien maalaisjärellä ymmärrettävien tietojen symbolisempi osoitus (suuri osa siitä, mitä ihmiset tietävät, ei ole esitetty "tosiasioina" tai "väitteinä", joita he voisivat ilmaista suullisesti).[16] Myös tiedonhankinnan vaikeus on ongelma, eli tiedon saaminen tekoälysovelliukseen varten.[c]



Ontologia kuvailee tietoa joukkona käsitteitä tietyn aihealueen sisällä ja näiden käsitteiden välisiä suhteita.

Suunnittelu ja päätöksenteko

"Agentti" on mikä tahansa, mikä havaitsee ja toimii maailmassa. Rationaalilla agentilla on tavoitteita tai mieltymyksiä, ja hän toimii niiden toteuttamiseksi.[d][32] Automatisoidussa suunnittelussa agentilla on tietty tavoite.[33] Automatisoidussa päätöksenteossa agentilla on mieltymyksiä – on tilanteita, joissa se

mieluummin olemisen tilanteissa ja joissakin tilanteissa, joita se yrittää välttää. Päätöksentekoagentti antaa jokaiselle tilanteelle numeron (jota kutsutaan "hyödyksi"), joka mittaa, kuinka paljon agentti pitää siitä. Jokaiselle mahdolliselle toiminnolle se voi laskea "odotetun hyödyn": toiminnan kaikkien mahdollisten tulosten hyödyllisyyden painotettuna tuloksen toteutumisen todennäköisyydellä. Sitten se voi valita toiminnon, jolla on suurin odotettu hyöty.[34]

Klassisessa suunnittelussa toimija tietää tarkalleen, mikä minkä tahansa toiminnan vaikutus on.[35] Useimmissa tosielämän ongelmissa agentti ei kuitenkaan vältämättä ole varma tilanteesta, jossa hän on (se on "tuntematon" tai "havaittavissa oleva"), eikä se vältämättä tiedä varmasti, mitä tapahtuu kunkin mahdollisen toiminnon jälkeen (se ei ole "deterministinen"). Sen on valittava toiminto tekemällä todennäköisyysarvio ja arvioitava sitten tilanne uudelleen nähdäkseen, toimiko toiminto.[36]

Joissakin ongelmassa agentin mieltymykset voivat olla epävarmoja, varsinkin jos mukana on muita agentteja tai ihmisiä. Nämä voidaan oppia (esim. käänteisellä vahvistusoppimisella), tai agentti voi etsiä tietoa mieltymystensä parantamiseksi.[37] Informaatioarvoteoriaa voidaan käyttää punnitsemaan tutkivien tai kokeellisten toimien arvoa.[38] Mahdollisten tulevien toimien ja tilanteiden avaruus on tyypillisesti hallitsemattoman suuri, joten toimijoiden on toimittava ja arvioitava tilanteita olematta kuitenkaan varmoja lopputuloksesta.

Markov-päätösprosessilla on siirtymämalli, joka kuvailee todennäköisyyttä sille, että tietty toiminto muuttaa tilaa tiettyllä tavalla, ja palkitsemisfunktio, joka antaa kunkin tilan hyödyllisyyden ja kunkin toiminnon kustannukset. Politiikka liittää päätöksen kuhunkin mahdolliseen tilaan. Politiikka voi olla laskettu (esim. iteraatiolla), heuristinen tai se voidaan oppia.[39]

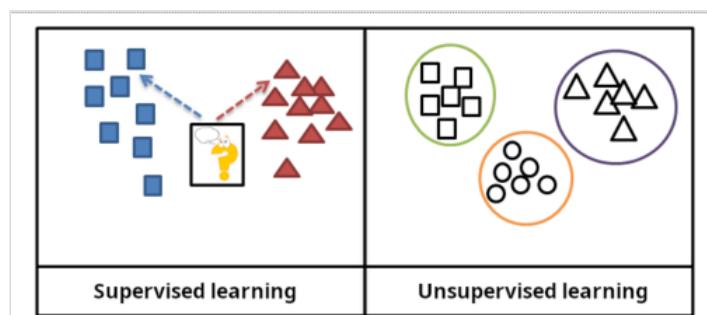
Peliteoria kuvailee useiden vuorovaikutuksessa olevien agenttien rationaalista käytätymistä, ja sitä käytetään tekoälyohjelmissa, jotka tekevät päätöksiä, joihin liittyy muita agentteja.[40]

Oppiminen

Koneoppiminen on tutkimusta ohjelmista, jotka voivat parantaa suorituskykyään tietyn tehtävässä automaatisesti.[41] Se on ollut osa tekoälyä alusta asti.[e]

Koneoppimista on useita eri tyypejä.

Ohjaamaton oppiminen analysoi datavirtaa ja löytää säännönmukaisuuksia sekä tekee ennusteita ilman muuta ohjausta.[44] Ohjattu oppiminen edellyttää harjoitusdataan merkitsemistä odotetuilla vastauksilla, ja sitä on kahta päätyyppiä: luokittelua (jossa ohjelman on opittava ennustamaan, mihin luokkaan syöte kuuluu) ja regressiota (jossa ohjelman on päättelävä numeerinen funktio numeerisen syötteen perusteella).[45]



Ohjattussa oppimisessa harjoitusdata merkitään odotetuilla vastauksilla, kun taas ohjaamattomassa oppimisessa malli tunnistaa malleja tai rakenteita merkitsemättömässä datassa.

Vahvistusoppimissa agentti on

palkitaan hyvistä vastauksista ja rangaistaan huonoista. Agentti oppii valitsemaan vastaukset, jotka luokitellaan "hyviksi".[46] Siirto-oppiminen on sitä, että yhdestä ongelmasta saatua tietoa sovelletaan johonkin toiseen.

uusi ongelma.[47] Syväoppiminen on koneoppimisen tyyppi, jossa syötteet suoritetaan biologisesti inspiroituneiden tekoälyverkkojen kautta kaikissa näissä oppimistypeissä.[48]

Laskennallisen oppimisen teoria voi arvioida oppijoita laskennallisen monimutkaisuuden, otoksen monimutkaisuuden (kuinka paljon dataa tarvitaan) tai muiden optimoinnin käsitteiden perusteella.[49]

Luonnollisen kielen käsite

Luonnollisen kielen käsite (NLP) mahdollistaa ohjelmien lukea, kirjoittaa ja kommunikoida ihmiskielillä.[50] Erityisongelmiin kuuluvat puheentunnistus, puhesynteesi, konekääntäminen, tiedon poiminta, tiedonhaku ja kysymyksiin vastaaminen.[51]

Varhaisessa työssä, joka perustui Noam Chomskyn generatiiviseen kielitieteeseen, oli vaikeuksia sanojen merkityksen yksiselitteisyyden kanssa.[52] Jellei rajoitu pieniin alueisiin, joita kutsutaan "mikromaaailmoiksi" (johtuen maalaisjärjen tieto-ongelmasta[29] Margaret Masterman uskoi, että kielten ymmärtämisen avain on merkitys eikä kielipoliitti, ja että laskennallisen kielirakenteen tulisi perustua tesauksiin eikä sanakirjoihin.

Nykyaisiin NLP:n syväoppimistekniikoihin kuuluvat sanojen upottaminen (sanojen esittäminen tyypillisesti vektoreina, jotka koodaavat niiden merkitystä),[53] transformers (syväoppimisen arkkitehtuuri, joka käyttää tarkkaavaisuusmekanismia),[54] ja muut.[55] Vuonna 2019 generatiiviset esikoulutetut muuntajakielet (tai "GPT") alkoivat tuottaa koherenttia tekstiä,[56] ja vuoteen 2023 mennessä nämä mallit pystyivät saamaan ihmistasoisia pisteytä asianajajakokeessa, SAT-testissä, GRE-testissä ja monissa muissa tosielämän sovelluksissa.[57]

Havaintokyky

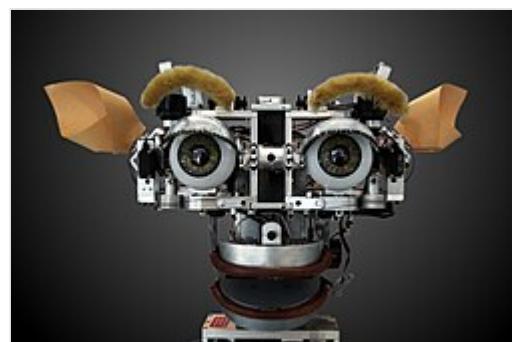
Koneellinen havaintokyky on kyky käyttää antureiden (kuten kameroiden, mikrofonien, langattomien signaalien, aktiivisen lidarin, kaikuluotaimen, tutkan ja tuntoantureiden) syötettä maailman eri puolien päättelemiseen. Konenäkö on kyky analysoida visuaalista syötettä.[58]

Alaan kuuluu puheentunnistus,[59] kuvien luokittelu,[60] kasvojentunnistus, esineiden tunnistus,[61] kohteen seuranta,[62] ja robottimainen havaintokyky.[63]

Sosiaalinen älykkyydys

Affektiivinen laskenta on ala, joka käsittelee järjestelmiä, jotka tunnistavat, tulkitsevat, käsittelevät tai simuloivat ihmisen tunteita, tuntemuksia ja mielialoja.[65] Esimerkiksi jotkut virtuaaliassistentit ovat ohjelmoitu puhumaan keskustelevesti tai jopa vitsaillemaan humoristisesti; se saa heidät vaikuttamaan herkemmiltä ihmisen ja tietokoneen välisen vuorovaikutuksen tunnedynamikkalle tai muuten helpottamaan ihmisen ja tietokoneen vuorovaikutusta.

Tämä kuitenkin antaa naiiville käyttäjille epärealistisen kuvan olemassa olevien tietokoneagenttien älykkyydestä.[66] Kohtalaisia affektiiviseen laskentaan liittyviä onnistumisia ovat mm.



Kismet, 1990-luvulla kehitetty robottipää; se on kone, joka pystyy tunnistamaan ja simuloimaan tunteita.[64]

tekstipohjainen mielipideanalyysi ja viime aikoina myös multimodaalinen mielipideanalyysi, jossa tekoäly luokittelee videonauhoituksen koteen näyttämät vaikutukset.[67]

Yleinen älykkys

Tekoälyllä varustettu kone pystyisi ratkaisemaan monenlaisia ongelmia yhtä laajasti ja monipuolisesti kuin ihmisen älykkys.[68]

Tekniikat

Tekoälytutkimussa käytetään monenlaisia tekniikoita edellä mainittujen tavoitteiden saavuttamiseksi.[b]

Haku ja optimointi

Tekoäly voi ratkaista monia ongelmia etsimällä älykkäästi useita mahdollisia ratkaisuja.[69] Tekoälyssä käytetään kahdenlaisia hakuja: tilahakua ja paikallishakua.

Tila-avaruuden haku

Tila-avaruushaku käy läpi mahdollisten tilojen puuta yritykseen löytää tavoiteten.[70] Esimerkiksi suunnittelualgoritmit etsivät tavoitteiden ja alitavoitteiden puita ja yrityvät löytää polun tavoitetavoitteeseen. Tätä prosessia kutsutaan keino-päämääräanalyysiksi.[71]

Yksinkertaiset kattavat haut[72] harvoin riittävät useimpiin tosielämän ongelmiin: hakuavaruuus (hakukohteiden määrä) kasvaa nopeasti tähtitieteellisiin lukuihin. Tuloksena on liian hidas haku tai ei koskaan valmistu.[15] "Heuristikat" tai "nyrkisäännöt" voivat auttaa priorisoimaan valintoja, joilla on paremmat mahdollisuudet saavuttaa tavoite.[73]

Vastavuoroista hakua käytetään peliohjelmissa, kuten shakkissa tai Go-pelissä. Se etsii mahdollisten siirtojen ja vastasiirtojen puusta voittoasemaa etsien.[74]

Paikallinen haku

Paikallinen haku käyttää matemaattista optimointia ongelman ratkaisun löytämiseen. Se alkaa jonkinlaisella arvauksella ja tarkentaa sitä asteittain.[75]

Gradienttilasku on paikallisen haun tyyppi, joka optimoi joukon numeerisia parametreja säätämällä niitä inkrementaaliseksi häviöfunktion minimoimiseksi. Gradienttilaskun variantteja käytetään yleisesti neuroverkkojen kouluttamiseen,[76] takaisinpropagaatioalgoritmien avulla.

Toinen paikallisen haun tyyppi on evoluutiolaskenta, jonka tavoitteena on iteratiivisesti parantaa joukkoa ehdokasratkaisuja "mutatoimalla" ja "yhdistämällä" niitä uudelleen, valitsemalla vain sopivimmat selviytymään kustakin sukupolvesta.[77]

Hajautetut hakuprosessit voivat koordinoitua parviälyalgoritmien avulla. Kaksi suosittua parvialgoritmia, joita käytetään haussa, ovat hiukkasparven optimointi (inspiroitunut lintujen parveilusta) ja muurahaisyhdykskuntien optimointi (inspiroitunut muurahaisjäljistä).[78]

Logiikka

Muodollista logiikkaa käytetään päättelyyn ja tiedon esittämiseen.[79] Muodollinen logiikka esiintyy kahdessa päämuodossa: propositiologiikka (joka käsittelee toisia tai vääräitä lauseita ja käyttää loogisia konnektiiveja, kuten "ja", "tai", "ei" ja "implisoi")[80] ja predikaattilogiikka (joka toimii myös oliontiedon, predikaattien ja relatioiden parissa ja käyttää kvanttoreita, kuten "*Jokainen X on Y*" ja "On olemassa jokin verran *X*:ä jotka ovat *Y*s").[81]

Deduktivinen päättely logiikassa on prosessi, jossa todistetaan uusi väite (johtopäätös) muista annetuista ja tosiksi oletetuista väitteistä (premissistä).[82] Todisteet voidaan jäsentää todistuspuiksi, joissa solmut on merkityt lauseilla ja lapsisolmut on yhdistetty vanhempiin päättelysäännöillä.

Kun on annettu ongelma ja joukko premissejä, ongelmanratkaisu pelkistyy sellaisen todistuspuun etsimiseen, jonka juurisolmu on merkityt ongelman ratkaisulla ja jonka lehtisolmut on merkityt premissillä tai aksioomilla. Horn-lauseiden tapauksessa ongelmanratkaisuhaku voidaan suorittaa päättelämällä eteenpäin premissistä tai taaksepäin ongelmasta.[83] Yleisemmassä ensimmäisen kertaluvun logiikan tapauksessa resoluutio on yksi aksiomaton päättelysääntö, jossa ongelma ratkaistaan todistamalla ristiriita lähtökohdista, jotka sisältävät ratkaistavan ongelman negaation.[84]

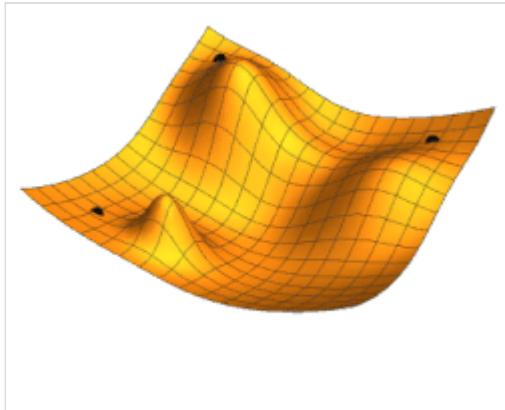
Sekä Horn-lauselogiikassa että ensimmäisen kertaluvun logiikassa päättely on ratkeamatonta ja siten vaikeasti ratkaistavaa. Prolog-ohjelmointikielen laskennan perustana oleva taaksepäin päättely Horn-lauseilla on kuitenkin Turingin täydellinen. Lisäksi sen tehokkuus on kilpailukykyinen muiden symbolisten ohjelmointikielten laskennan kanssa.[85]

Sumea logiikka määrittää "totuuden asteen" välillä 0 ja 1. Siksi se pystyy käsittelemään epämääräisiä ja osittain totta olevia väittämiä.[86]

Ei-monotoniset logiikat, mukaan lukien logiikkaohjelointi, jossa negaatio on epäonnistuminen, on suunniteltu käsittelemään oletusarvoista päättelyä.[87] Muita logiikan erikoisversioita on kehitetty kuvaamaan monia monimutkaisia alueita.

Todennäköisyysperusteiset menetelmät epävarmaan päättelyyn

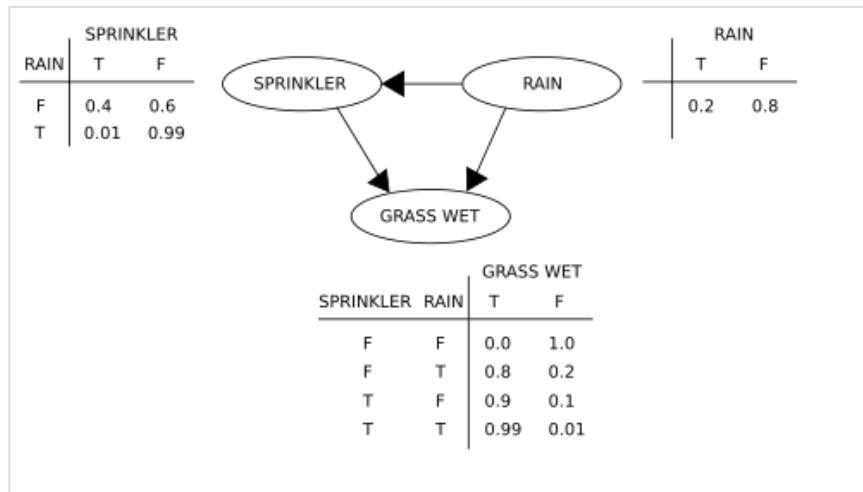
Monet tekoälyn ongelmat (mukaan lukien päättely, suunnittelu, oppiminen, havaitseminen ja robotiikka) vaativat agenttia toimimaan epätäydellisen tai epävarman tiedon kanssa. Tekoälytutkijat ovat kehittäneet useita työkaluja näiden ongelmien ratkaisemiseksi todennäköisyysteorian ja taloustieteen menetelmien avulla.[87] On kehitetty tarkkoja matemaattisia työkaluja, jotka analysoivat, miten agentti voi tehdä valintoja ja suunnitella, käyttäen päättösteoriaa, päätösanalyysiä,[88] ja tiedon arvoteoria.[89] Näihin työkaluihin kuuluvat mallit, kuten Markov-päätösprosessit,[90] dynaamiset päätöksentekoverkostot,[91] peliteoria ja mekanismien suunnittelu.[92]



Gradienttilaskeutumisen kuvaus kolmelle eri lähtöpisteelle; kahta parametria (joita edustavat tasokoordinaatit) säädetään häviöfunktion (korkeuden) minimoimiseksi.

Bayes-verkot[93] ovat työkalu, jota voidaan käyttää päättelyyn (käyttäen Bayesilaista päättelyalgoritmia),[g][95] oppimisen (käyttäen odotusarvo-maksimointialgoritmia),[h][97] suunnittelua (käyttäen päätöksentekoverkot)[98] ja havainto (käyttäen dynaamista Bayes-verkot).[91]

Todennäköisyysalgoritmeja voidaan käyttää myös suodattamiseen, ennustamiseen, tasoitukseen ja löytämiseen seliteksiä tietovirroille, mikä auttaa havaintojärjestelmiä analysoimaan prosesseja, jotka tapahtuvat aika (esim. pilottetut Markov-mallit tai Kalman-suodattimet).[91]

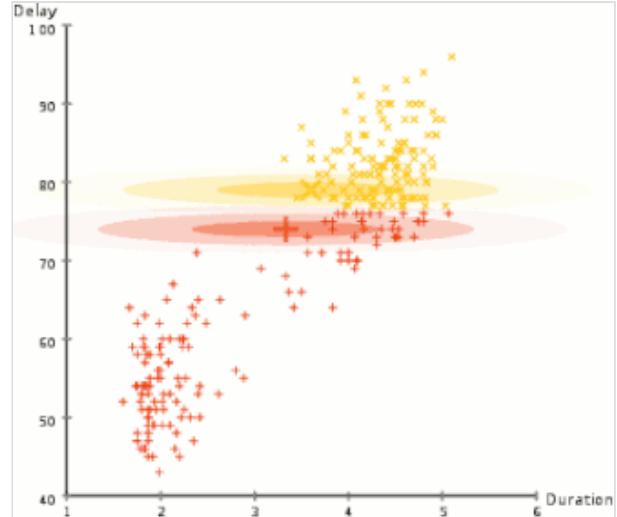


Yksinkertainen Bayes-verkko ja siihen liittyvät ehdolliset todennäköisyystaulukot

Luokittelijat ja tilastolliset oppimismenetelmät

Yksinkertaisimmat tekoälysovellukset voidaan jakaa kahteen tyyppiin: luokittelijat (esim. "jos kiiltävä, niin timantti") ja ohjaimet (esim. "jos timantti, niin poimi"). [99] ovat funktioita, jotka käyttävät hahmontunnistusta lähimmän osuman määrittämiseen. Niitä voidaan hienosäätää valittujen esimerkkien perusteella ohjatun oppimisen avulla. Jokainen hahmo (jota kutsutaan myös "havaitukseksi") on merkitytä ennalta määritellyllä luokalla. Kaikki havainnot yhdistettynä luokkatumisteineen tunnetaan tietojoukkona. Kun uusi havainto vastaanotetaan, se luokitellaan aiemman kokemuksen perusteella.[45]

Käytössä on monenlaisia luokittelijoita.[100] Päätöspuu on yksinkertaisin ja laajimmin käytetty symbolinen koneoppimisalgoritmi.[101] K-lähin naapurialgoritmi oli eniten käytetty analoginen tekoäly 1990-luvun puoliväliin asti, ja ydinmenetelmät, kuten tukivektorikone (SVM), syrjäyttivät k:n lähimmän naapurin algoritmin 1990-luvulla.[102] Naiivin-Bayes-luokittelijan kerrotaan olevan "yleisimmin käytetty oppija"[103] Googlella osittain sen skaalautuvuuden ansiosta.[104] Neuroverkkoja käytetään myös luokittelijoina.[105]



Old Faithful -purkausdatan odotusarvo-maksimointiklusterointi alkaa satunnaisesta arvauksesta, mutta sitten onnistuneesti konvergoi kahden fyysisesti erillisen purkausmuodon tarkkaan klusterointiin.

Keinotekoiset neuroverkot

Keinotekoisen neuroverkko perustuu kokoelman solmuja, jotka tunnetaan myös keinotekoisina neuroneina ja jotka mallintavat löyhästi biologisten aivojen neuroneja. Se on opettettu tunnistamaan kuviointia; opetuksen jälkeen se pystyy tunnistamaan nämä kuviot tuoreesta dataasta. Verkkoon kuuluu syöte, ainakin yksi pilottettu solmukerroks ja lähtö.

Jokainen solmu soveltaa funktiota, ja kun paino ylittää määritetyn kynnysarvon, data lähetetään seuraavalle kerrokselle. Verkkoa kutsutaan tyyppisesti syväksi neuroverkoksi, jos siinä on vähintään kaksoi piilotettua kerrosta.[105]

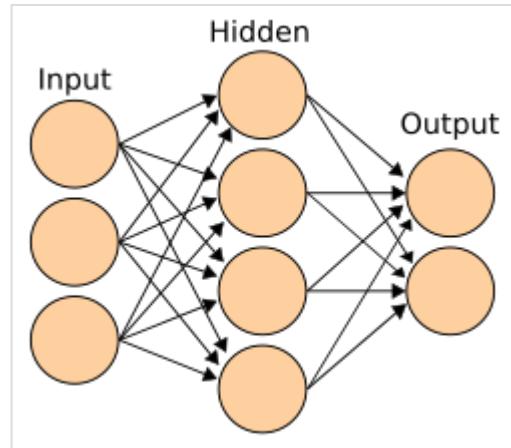
Neuroverkkojen oppimisalgoritmit käyttävät paikallista hakua valitakseen painotukset, jotka antavat oikean tulosten kullekin syötteelle harjoittelun aikana. Yleisin koulutustekniikka on takaisinpropagaatioalgoritmi.[106] Neuroverkot oppivat mallintamaan monimutkaisia tulojen ja lähtöjen välisiä suhteita ja löytämään datasta säännönmukaisuuksia. Teoriassa neuroverkko voi oppia minkä tahansa funktion.[107]

Eteenpäinkentäisissä neuroverkoissa signaali kulkee vain yhteen suuntaan.[108] Termi perceptron viittaa tyyppisesti yksikerroksiseen neuroverkkoon.[109] Syväoppiminen sitä vastoin käyttää monta kerrosta.[110] Rekurrenttineuraaliverkot (RNN) syöttävät lähtösignaalin takaisin tulosignaaliin, mikä mahdolistaan aiempien syötetapahtumien lyhytaikaisen muistin. Pitkäkestoiset lyhytaikaiset muistiverkot (LSTM) ovat rekurrenttineuraaliverkkoja, jotka säilyttävät paremmin pitkäaikaiset riippuvuudet ja ovat vähemmän herkkiä katoamisgradienttongelmalle.[111] Konvoluutiohermoverkot (CNN) käyttävät ydinkerroksia paikallisten kuvioiden tehokkaampaan käsittelyyn. Tämä paikallinen käsittely on erityisen tärkeää kuvankäsittelyssä, jossa varhaiset CNN-kerrokset tunnistavat tyyppisesti yksinkertaisia paikallisia kuvioita, kuten reunoja ja käyriä, ja seuraavat kerrokset havaitsevat monimutkaisempia kuvioita, kuten tekstuureja ja lopulta kokonaisia objekteja.[112]

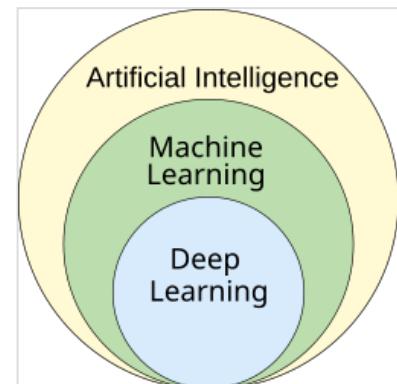
Syväoppiminen

Syväoppiminen käyttää useita neuronikerroksia verkon tulojen ja lähtöjen välillä.[110] Useat kerrokset voivatasteittain poimia korkeamman tason ominaisuuksia raakadatasta. Esimerkiksi kuvankäsittelyssä alempat kerrokset voivat tunnistaa reunoja, kun taas ylemmät kerrokset voivat tunnistaa ihmisen merkityksellisiä käsitteitä, kuten numeroita, kirjaimia tai kasvoja.[114]

Syväoppiminen on parantanut merkittävästi ohjelmien suorituskykyä monilla tärkeillä tekoälyn osa-alueilla, kuten konenäössä, puheentunnistuksessa, luonnollisen kielen käsittelyssä, kuvien luokittelussa,[115] ja muita. Syy siihen, miksi syväoppiminen toimii niin hyvin niin monissa sovelluksissa, ei ole tiedossa vuonna 2021.[116] Syväoppimisen äkillinen menestys vuosina 2012–2015 ei johtunut jostakin uudesta löydöstä tai teoreettisesta läpimurrosta (syvät neuroverkot ja takaisinlevysmenetelmät olivat jo monien tutkijoiden kuvaamia). ihmiset jo 1950-luvulla)[minä] mutta kahden tekijän vuoksi: tietokoneiden tehon uskomattoman kasvun (mukaan lukien satakertainen nopeuden kasvu siirtymällä näytönohjaimiin) ja valtavien harjoitusdatan määrien saatavuuden, erityisesti vertailutestauksessa käytettyjen jättimäisten kuratoitujen datajoukkojen, kuten ImageNetin, ansiosta.[117]



Neuroverkko on toisiinsa yhteydessä olevien solmujen joukko, samanlainen kuin ihmisaivojen laaja hermosolujen verkosto.



Syväoppiminen on osa koneoppimista, joka itse on osa tekoälyä.[113]

GPT

Generatiiviset esikoulutetut muuntimet (GPT) ovat laajoja kielimalleja (LLM), jotka luovat tekstiä lauseiden sanojen semanttisten suhteiden perusteella. Tekstipohjaiset GPT-mallit esikoulutetaan suurella tekstiaineistolla, joka voi olla peräisin internetistä. Esikoulutus koostuu seuraavan tunnuksen ennustamisesta (tunnus on yleensä sana, alasana tai välimerkki). Tämän esikoulutuksen aikana GPT-mallit keräävät tietoa maailmasta ja voivat sitten luoda ihmismäistä tekstiä ennustamalla toistuvasti seuraavaa tunnusta. Tyypillisesti seuraava koulutusvaihe tekee mallista totuudenmukaisemman, hyödyllisemmän ja harmittomamman, yleensä teknikkalla, jota kutsutaan ihmisen palautteesta vahvistusoppimiseksi (RLHF). Nykyiset GPT-mallit ovat alttiita tuottamaan valheellisia näkemyksiä, joita kutsutaan "hallusinaatioiksi". Näitä voidaan vähentää RLHF:n ja laadukkaan datan avulla, mutta ongelma on pahentunut päättelyjärjestelmissä.[124] Tällaisia järjestelmiä käytetään chatboteissa, joiden avulla ihmiset voivat esittää kysymykseni tai pyytää tehtävää yksinkertaisella tekstillä.[125][126]

Nykyisiin malleihin ja palveluihin kuuluvat ChatGPT, Claude, Gemini, Copilot ja Meta AI.[127] Multimodaaliset GPT-mallit voivat käsitellä erityyppisiä tietoja (modaliteetteja), kuten kuvia, videoita, ääntä ja tekstiä.[128]

Laitteisto ja ohjelmisto

2010-luvun lopulla grafiikkasuorittimet (GPU:t), jotka suunniteltiin yhä enemmän tekoälykohtaisilla parannuksilla ja joita käytettiin erikoistuneen TensorFlow-ohjelmiston kanssa, olivat korvanneet aiemmin käytetyt keskusyksiköt (CPU:t) hallitsevana välineenä laajamittaisen (kaupallisten ja akateemisten) koneoppimismallien koulutuksessa.[129] Tekoälytutkimuksessa käytettiin varhaisessa vaiheessa erikoistuneita ohjelmointikieliä, kuten Prolog.[130] mutta yleiskäyttöisistä ohjelmointikielistä, kuten Pythonista, on tullut hallitsevia.[131]

Integroitujen piirien transistoritheyden on havaittu kaksinkertaistuvan noin 18 kuukauden välein – tämä trendi tunnetaan Mooren lakina, joka on nimetty Intelin perustajan Gordon Mooren mukaan, joka havaitsi sen ensimmäisenä. Näytönohjainten parannukset ovat olleet vielä nopeampia,[132] trendi, jota joskus kutsutaan Huangin laiksi,[133] nimetty Nvidian perustajajäsenen ja toimitusjohtajan Jensen Huangin mukaan.

Sovellukset

Tekoälyä ja koneoppimisteknologiaa käytetään useimmissa 2020-luvun keskeisissä sovelluksissa, mukaan lukien hakukoneet (kuten Google Search), verkkomainosten kohdentaminen, suosittelijärjestelmät (joita tarjoavat Netflix, YouTube tai Amazon), internet-liikenteen ohjaaminen, kohdennettu mainonta (AdSense, Facebook), virtuaaliassistentit (kuten Siri tai Alexa), autonomiset ajoneuvot (mukaan lukien droonit, ADAS-järjestelmät ja itseohjautuvat autot), automaattinen kielenkäännös (Microsoft Translator, Google Translate), kasvojentunnistus (Applen FaceID tai Microsoftin DeepFace ja Googlen FaceNet) ja kuvien merkitseminen (käyttävät Facebook, Applen Photos ja TikTok). Tekoälyn käyttöönnottoa voi valvoa automaatiojohtaja (CAO).

Terveys ja lääketiede

Tekoälyn soveltaminen lääketieteessä ja lääketieteellisessä tutkimuksessa voi parantaa potilaiden hoitoa ja elämänlaatua.[134] Hippokrateen valan linssin läpi lääketieteen ammattilaiset ovat eettisesti velvoitettuja käyttämään tekoälyä, jos sovellukset pystyvät diagnostoimaan ja hoitamaan potilaita tarkemmin.[135][136]

Lääketieteellisessä tutkimuksessa tekoäly on tärkeä työkalu suurten tietomäärien käsitteilyyn ja integrointiin. Tämä on erityisen tärkeää organoidi- ja kudosteknologoiden kehittämisessä, joissa mikroskopiakuvantamista käytetään keskeisenä valmistustekniikkana.[137] On ehdotettu, että tekoälyn avulla voidaan paikata eri tutkimusalolle osoitetun rahoituksen eroja.[137][138] Uudet tekoälytyökalut voivat syventää ymmärrystä biolääketieteellisesti relevanteista metabolireiteistä. Esimerkiksi AlphaFold 2 (2021) osoitti kyvyn arvioida proteiinin 3D-rakennetta tunneissa kuukausien sijaan.[139] Vuonna 2023 raportoitiin, että tekoälyohjattu-lääkekehitys auttoi löytämään antibioottiluokan, joka kykenee tappamaan kahta erityyppistä lääkeresistenttiä bakteeria.[140] Vuonna 2024 tutkijat käyttivät koneoppimista nopeuttaakseen Parkinsonin taudin lääkehoitojen etsintää. Heidän tavoitteenaan oli tunnistaa yhdisteitä, jotka estävät alfa-synukleiniin (Parkinsonin taudille ominaisen proteiinin) paakkumisen eli aggregation. He pystivät nopeuttamaan alustavaa seulontaprosessia kymmenkertaisesti ja vähentämään kustannuksia tuhatkertaisesti.[141][142]

Pelit

Peliohjelmia on käytetty 1950-luvulta lähtien tekoälyn edistyneimpien tekniikkoiden esittelyyn ja testaamiseen.[143] Deep Bluesta tuli ensimmäinen tietokoneella toimiva shakkijärjestelmä, joka voitti hallitsevan shakin maailmanmestarin Garri Kasparovin 11. toukokuuta 1997.[144] Vuonna 2011, eräässä Vaara! tietokilpailun näytösottelussa IBM:n kysymysten vastausjärjestelmä Watson voitti kaksi suurinta Vaara! mestarit, Brad Rutter ja Ken Jennings, merkittävällä erolla.[145] Maaliskuussa 2016 AlphaGo voitti neljä viidestä Go-pelistä ottelussa Go-mestari Lee Sedolin kanssa. Tästä tuli ensimmäinen tietokonepohjainen Go-pelijärjestelmä, joka voitti ammattilaishoitoajan ilman tasoituksia. Sitten vuonna 2017 se voitti Ke Jien, joka oli maailman paras Go-pelaaja.[146] Muut ohjelmat käsittelevät epätäydellisen tiedon pelejä, kuten pokerinpeliohjelma Pluribus.[147] DeepMind kehitti yhä yleisempiä vahvistusoppimismalleja, kuten MuZeron kanssa, joita voitiin kouluttaa pelaamaan shakkia, Go- tai Atari-pelejä.[148] Vuonna 2019 DeepMindin AlphaStar saavutti suurmestaritason StarCraft II:ssa, erityisen haastavassa reaalialkaisessa strategiapelissä, jossa kartan tapahtumista ei tiedetä täysin.[149] Vuonna 2021 tekoälyagentti kilpaili PlayStation Gran Turismo -kilpailussa ja voitti neljä maailman parasta Gran Turismo -kuljettajaa syvävahvistusoppimisen avulla.[150] Vuonna 2024 Google DeepMind esitti SIMA:n, eräänlainen tekoäly, joka pystyy pelaamaan itsenäisesti yhdeksää aiemmin näkymätöntä avoimen maailman videopeliä tarkkailemalla näytön tulostusta sekä suorittamalla lyhyitä, erityisiä tehtäviä luonnollisen kielen ohjeiden mukaisesti.[151]

Matematiikka

Suuria kielimalleja, kuten GPT-4, Gemini, Claude, Llama tai Mistral, käytetään yhä enemmän matematiikassa. Nämä probabilistiset mallit ovat monipuolisia, mutta ne voivat myös tuottaa vääräitä vastauksia hallusinaatioiden muodossa. Ne tarvitsevat joskus suuren matemaattisten ongelmien tietokannan oppiakseen, mutta myös menetelmiä, kuten ohjattua hienosäätöä.[152] tai koulutettuja luokittelijoita ihmisen annotoimalla datalla uusien ongelmien vastausten parantamiseksi ja korjauksista oppimiseksi.[153] Helmikuussa 2024-tehdynässä tutkimuksessa osoitettiin, että joidenkin kielimallien suorituskyky päättelykyvyn kannalta sellaisten matemaattisten ongelmien ratkaisemisessa, joita ei sisällytetty niiden harjoitusdataan, oli heikko, jopa ongelmissa, joissa oli vain pieniä poikkeamia koulutetusta datasta. [154] Yksi teknikka niiden suorituskyvyn parantamiseksi on mallien kouluttaminen tuottamaan oikeita päättelyvaiheita pelkän oikean tuloksen sijaan.[155] Alibaba-konserni kehitti version omasta Qwen-malleja, joita kutsutaan Qwen2-Math, joka saavutti huippuluokan suorituskyvyn useissa matemaattisissa vertailukohdissa, mukaan lukien 84 %:n tarkkuuden MATH-kilpailumatematiikan tehtävien aineistossa.[156] Tammikuussa 2025

Microsoft ehdotti tekniikkaa *Star-matematiikkajoka* hyödyntää *Monte Carlo -puuhakua ja vaiheittaista päättelyä mahdollistaen suhteellisen pienen kielimallin*, kuten *Qwen-7* Bratkaista 53 % AIME 2024 -ongelmista ja 90 % MATH-vertailuarvo-ongelmista.[157]

Vaihtoehtoisesti on kehitetty matemaattiseen ongelmanratkaisuun tarkoitettuja malleja, joissa lopputulos on tarkempi, mukaan lukien lauseiden todistaminen, kuten *AlphaTensor*, *Alfageometria*, *AlphaProofa* *AlphaEvolve*[158] kaikki Google DeepMindistä,[159] *Llemma* EleutherAI:ltä[160] tai *ulius*.[161]

Kun luonnollista kieltä käytetään matemaattisten ongelmien kuvaamiseen, muuntimet voivat muuntaa tällaiset kehotteet muodolliselle kielelle, kuten Leanille, matemaattisten tehtävien määrittelemiseksi. Kokeellinen malli *Gemini Deep Think* hyväksyy luonnollisen kielen kehotteet suoraan ja saavutti kultamitalin vuoden 2025 kansainvälisissä matematiikkalympialaisissa.[162]

Jotakin malleja on kehitetty ratkaisemaan haastavia ongelmia ja saavuttamaan hyviä tuloksia vertailutesteissä, toisia taas matematiikan opetusvälineiksi.[163]

Topologinen syväoppiminen yhdistää erilaisia topologisia lähestymistapoja.

Rahoitus

Rahoitusala on yksi nopeimmin kasvavista aloista, joilla tekoälytyökaluja otetaan käyttöön: verkkopankkipalveluista sijoitusneuvontaan ja vakuutuksiin, joissa automatisoitua "robottineuvooja" on käytetty jo joitakin vuosia.[164]

Maailman eläke- ja sijoitusfoorumin johtajan Nicolas Firzlin mukaan voi olla liian aikaista nähdä erittäin innovatiivisten tekoälyn perustuvien rahoitustuotteiden ja -palveluiden syntymistä. Hän väittää, että "tekoälytyökalujen käyttöönotto yksinkertaisesti automatisoi asioita entisestään: tuhoa samalla kymmeniätuhansia työpaikkoja pankkialalla, taloussuunnittelussa ja eläkeneuvonnassa, mutta en ole varma, laukaiseeko se uuden aallon [esim. hienostuneita] eläkeinnovaatioita".[165]

Sotilaallinen

Useat maat ottavat käyttöön tekoälyn sotilaallisia sovelluksia.[166] Tärkeimmät sovellukset parantavat komentoa ja valvontaa, viestintää, sensoreita, integraatiota ja yhteentoimivuutta.[167] Tutkimus kohdistuu tiedustelutiedon keräämiseen ja analysointiin, logistiikkaan, kyberoperaatioihin, informaatiooperaatioihin sekä puoliautomaattiin ja autonomisiin ajoneuvoihin.[166] Tekoälyteknologiat mahdollistavat sensoreiden ja efektorien koordinoinnin, uhkien havaitsemisen ja tunnistamisen, vihollisen sijaintien merkitsemisen, kohteiden paikantamisen sekä hajautettujen yhteistulen koordinoinnin ja konfliktien purkamisen verkotettujen taisteluajoneuvojen välillä, sekä ihmisten käyttämien että autonomisten.[167]

Tekoälyä on käytetty sotilasoperaatioissa Irakkassa, Syriassa, Israelissa ja Ukrainassa.[166][168][169][170]

Generatiivinen tekoäly

Generatiivinen tekoäly (Generatiivinen tekoäly, GenAI,[171] tai GAI) on tekoälyn osa-alue, joka käyttää generatiivisia malleja tekstin, kuvien, videoiden tai muun datan tuottamiseen.[172][173][174] Nämä mallit oppivat harjoitusdatansa taustalla olevat mallit ja rakenteet ja käyttävät niitä

ne tuottamaan uutta dataa[175][176]syötteen perusteella, joka usein tulee luonnollisen kielen kehotteiden muodossa.[177][178]

Generatiiviset tekoälytyökalut ovat yleistyneet 2020-luvun tekoälybuumin jälkeen. Tämä buumi oli mahdollista transformer-pohjaisten syvien neuroverkkojen, erityisesti suurten kielimallien (LLM), parannusten ansiosta. Tärkeimpää työkaluja ovat chatbotit, kuten ChatGPT, Copilot, Gemini, Claude, Grok ja DeepSeek; tekstillä kuvaksi -mallit, kuten Stable Diffusion, Midjourney ja DALL-E; sekä tekstillä videoksi -mallit, kuten Veo ja Sora.[179][180][181][182][183] Generatiivista tekoälyä kehittäviä teknologiarityksiä ovat mm. OpenAI, xAI, Anthropic, Meta AI, Microsoft, Google, DeepSeek ja Baidu.[177][184][185]

Generatiivista tekoälyä käytetään monilla toimialoilla, mukaan lukien ohjelmistokehitys,[186]terveydenhuolto[187]rahoitus,[188] viihde,[189]asiakaspalvelu,[190]myynti ja markkinointi,[191]taide, kirjoittaminen,[192]muoti,[193]ja tuotesuunnittelu.[194]Generatiivisten tekoälyjärjestelmien tuotanto vaatii laajamittaisia datakeskuksia, joissa käytetään erikoistuneita siruja, jotka vaativat paljon sähköä prosessointiin ja vettä jäähdytykseen.[195]

Agentit

Tekoälyagentit ovat ohjelmistokokonaisuuksia, jotka on suunniteltu havainnoimaan ympäristöän, tekemään päätöksiä ja toimimaan itsenäisesti tiettyjen tavoitteiden saavuttamiseksi. Nämä agentit voivat olla vuorovaikutuksessa käyttäjien, ympäristönsä tai muiden agenttien kanssa. Tekoälyagentteja käytetään useissa sovelluksissa, kuten virtuaaliassistentteissa, chatboteissa, autonomisissa ajoneuvoissa, pelijärjestelmissä ja teollisuusrobotteissa.

Tekoälyagentit toimivat ohjelmointinsa, käytettäväissä olevien laskentaresurssien ja laitteistorajoitusten rajoissa. Tämä tarkoittaa, että ne on rajoitettu suorittamaan tehtäviä määritellyn laajuuden rajoissa ja niillä on rajalliset muisti- ja prosessointikapasiteetit. Reaalimaailman sovelluksissa tekoälyagentit kohtaavat usein aikarajoitteita päätöksenteossa ja toimien suorittamisessa. Monet tekoälyagentit sisältävät oppivia algoritmeja, joiden avulla ne voivat parantaa suorituskykyään ajan myötä kokemuksen tai koulutuksen avulla. Koneoppimisen avulla tekoälyagentit voivat sopeutua uusiin tilanteisiin ja optimoida käyttäytymistään määrättyihin tehtäviinsä.[196][197][198]

Verkkohaku

Microsoft esitti Copilot Searchin helmikuussa 2023 nimellä Bing Chat, sisäänrakennettuna ominaisuutena Microsoft Edgelle ja Bing-mobiilisovellukselle. Copilot Search tarjoaa tekoälyn luomia yhteenvetoja.[199]ja vaiheittainen päätely-verkkojulkaisijoiden tietoihin perustuen, Bing-haussa rankattu.[200]Turvallisuuden takaamiseksi Copilot käyttää tekoälypohjaisia luokittelijoita ja suodattimia mahdollisesti haitallisen sisällön väsentämiseksi.[201]

Google esitti virallisesti tekoälyhakuaan Google I/O -tapahtumassa 20. toukokuuta 2025.[202]Se pitää ihmiset katsomassa Googlea hakutuloksen napsauttamisen sijaan. AI Overviews käyttää Gemini 2.5:tä tarjotakseen kontekstuaalisia vastauksia käyttäjien kyselyihin verkkosisällön perusteella.[203]



Vincent van Gogh generatiivisen tekoälyohjelmiston luomassa vesivärissä

Seksuaalisuus

Tekoälyn sovelluksia tällä alalla ovat tekoälyllä varustetut kuukautis- ja hedelmällisyssurantalaitteet, jotka analysoivat käyttäjätietoja ennusteiden tarjoamiseksi.[204] Tekoälyn integroidut seksilelut (esim. teledildoniikka)[205] Tekoälyn luoma seksuaalikasvatussisältö,[206] ja tekoälyagentit, jotka simuloivat seksuaalisia ja romanttisia kumppaneita (esim. Replika).[207] Tekoälyä käytetään myös ei-suostumukseen perustuvan syväväärennetyn pornografiaan tuotantoon, mikä herättää merkittäviä eettisiä ja oikeudellisia huolenaiheita.

[208]

Tekoälyteknologioita on käytetty myös verkkopohjaisen sukupuoleen perustuvan väkivallan ja alaikäisten seksuaalisen houkuttelun tunnistamiseen.[209][210]

Muut toimialakohtaiset tehtävät

Lisäksi on olemassa tuhansia onnistuneita tekoälysovelluksia, joita käytetään ratkaisemaan tiettyjä ongelmia tietyillä toimialoilla tai instituutioissa. Vuonna 2017 tehdyssä kyselyssä joka viides yritys ilmoitti sisällyttäneensä tekoälyn joihinkin tarjouksiinsa tai prosesseihinsa.[211] Muutamia esimerkkejä ovat energian varastointi, lääketieteellinen diagoosi, sotilaslogistiikka, oikeudellisen päätöksenteon ennustamiseen tarkoitettut sovellukset, ulkopoliittikka tai toimitusketjun hallinta.

Tekoälyn sovellukset evakuointiin ja katastrofien hallintaan ovat kasvussa. Tekoälyä on käytetty tutkimaan laaja-alaisten ja pienimuotoisten evakuointien kaavoja käyttämällä GPS:n, videoiden tai sosiaalisen median historiatietoja. Lisäksi tekoäly voi tarjota reaalialkaista tietoa evakuointiosuhteista.[212][213][214]

Maataloudessa tekoäly on auttanut viljelijöitä lisäämään satoa ja tunnistamaan alueita, jotka tarvitsevat kastelia, lannoitusta ja torjunta-ainekäsittelyjä. Agronomit käyttävät tekoälyä tutkimus- ja kehitystyöhön. Tekoälyä on käytetty esimerkiksi tomaattien kaltaisten viljelykasvien kypsymisajan ennustamiseen, maaperän kosteuden seurantaan, maatalousrobottien käyttöön, ennakoivaan analytiikkaan, karjan sikojen kutsutuntomerkkien luokittelun, kasvihuoneiden automatisointiin, tautien ja tuholaisien havaitsemiseen sekä veden säästämiseen.

Tekoälyä käytetään tähtitieteessä analysoimaan kasvavaa määrää saatavilla olevaa dataa ja sovelluksia, pääasiassa "luokittelun, regressioon, klusterointiin, ennustamiseen, generointiin, löytämiseen ja uusien tieteellisten näkemysten kehittämiseen". Sitä käytetään esimerkiksi eksoplaneettojen löytämiseen, auringon aktiivisuuden ennustamiseen ja signaalien ja instrumentaalisten vaikutusten erottamiseen gravitaatioaaltoastronomiassa. Lisäksi sitä voitaisiin käyttää avaruustoiminnassa, kuten avaruustutkimuksessa, mukaan lukien avaruuslentojen datan analysointi, avaruusalusten reaalialkaiset tieteelliset päätökset, avaruusromun välttäminen ja autonomisempi toiminta.

Intian vuoden 2024 vaaleissa käytettiin 50 miljoonaa Yhdysvaltain dollaria tekoälyn luomaan valtuutettuun sisältöön, erityisesti luomalla liittoutuneiden (myös joskus edesmenneiden) poliittikkojen deepfake-kuvia äänestäjien kanssa vuorovaikutuksen parantamiseksi ja käänämällä puheita eri paikkalille.[215]

Etiikka

Tekoälyllä on potentiaalisia hyötyjä ja potentiaalisia riskejä.[218] Tekoäly saattaa pystyä edistämään tiedettä ja löytämään ratkaisuja vakaviin ongelmiin: DeepMindin Demis Hassabis toivoo "ratkaisevansa älykkyyden ja käyttävänsä sitä sitten kaiken muun ratkaisemiseen".[219] Tekoälyn käytön yleistyessä kuitenkin useita tahattomia

seuraukset ja riskit on tunnistettu.[220][221] Tuotantojärjestelmät eivät aina pysty ottamaan etiikkaa ja enakkoluuloja huomioon tekoälyn koulutusprosesseissaan, varsinkin kun tekoälyalgoritmit ovat luonnostaan selittämättömiä syväoppimisessa.[222]

Riskit ja haitat

Tietosuoja ja tekijänoikeudet

Koneoppimisalgoritmit vaativat suuria määriä dataa. Tämän datan hankkimiseen käytetyt tekniikat ovat herättäneet huolta yksityisyyden suojaan, valvontaan ja tekijänoikeuksiin liittyen.

Tekoälyllä toimivat laitteet ja palvelut, kuten virtuaaliassistentit ja IoT-tuotteet, keräävät jatkuvasti henkilötietoja, mikä herättää huolta tunkeilevasta tiedonkeruusta ja kolmansien osapuolten luvattomasta pääsystä tietoihin. Yksityisyyden menetystä pahentaa entisestään tekoälyn kyky käsittellä ja yhdistää valtavia tietomääriä, mikä voi johtaa valvontayhteiskuntaan, jossa yksilöiden toimintaa seurataan ja analysoidaan jatkuvasti ilman riittäviä suojaatioita tai läpinäkyvyyttä.

Kerättyjä arkaluonteisia käyttäjätietoja voivat olla verkkotoimintatiedot, geolokaatiotiedot, video tai ääni.[223] Esimerkiksi puheentunnistusalgoritmien rakentamiseksi Amazon on tallentanut miljoonia yksityisiä keskusteluja ja antanut tilapäisten työntekijöiden kuunnella ja litteroida joitakin niistä.[224] Mielipiteet tästä laajalle levinneestä valvonnasta vaihtelevat niistä, jotka pitävät sitä välttämättömänä pahana, niihin, joiden mielestä se on selvästi epäeettistä ja loukkaa oikeutta yksityisyyteen.[225]

Tekoälykehittäjät väittävät, että tämä on ainoa tapa toimittaa arvokkaita sovelluksia, ja he ovat kehittäneet useita teknikoita, jotka pyrkivät säilyttämään yksityisyyden samalla, kun tietoja hankitaan. Näitä teknikoita ovat esimerkiksi tietojen yhdistäminen, anonymisointi ja differentiaalinen yksityisyys.[226] Vuodesta 2016 lähtien jotkut yksityisyyden asiantuntijat, kuten Cynthia Dwork, ovat alkaneet tarkastella yksityisyyttä oikeudenmukaisuuden näkökulmasta. Brian Christian kirjoitti, että asiantuntijat ovat siirtyneet "kysymyksestä 'mitä he tietävät' kysymykseen 'mitä he sillä tekevät'".[227]

Generatiivista tekoälyä koulutetaan usein lisensoimattomilla tekijänoikeudella suojuilla teoksilla, mukaan lukien esimerkiksi kuvilla tai tietokonekoodilla; tuotosta käytetään sitten "kohtuullisen käytön" periaatteen mukaisesti. Asiantuntijat ovat eri mieltä siitä, kuinka hyvin ja missä olosuhteissa tämä perustelu kestää tuomioistuimissa; merkityksellisiä tekijöitä voivat olla "tekijänoikeudella suojuvan teoksen käytön tarkoitus ja luonne" sekä "vaikutus tekijänoikeudella suojuvan teoksen potentiaaliin markkinoihin".[228][229] Verkkosivustojen omistajat, jotka eivät halua sisällön kaapattavan, voivat ilmoittaa siitä robots.txt-tiedostossa.[230] Vuonna 2023 johtavat kirjailijat (mukaan lukien John Grisham ja Jonathan Franzen) haastoivat tekoälyrytyksiä oikeuteen heidän työnsä käyttämisestä generatiivisen tekoälyn kouluttamiseen.[231][232] Toinen keskusteltu lähestymistapa on kuvitella erillinen sui generis tekoälyn luomien luomusten suoja-järjestelmä, jolla varmistetaan ihmistekijöiden oikeudenmukainen nimeäminen ja korvaus heille.[233]



Katutaidetta Tel Avivissa[216][217]

Teknologiajättien dominoointi

Kaupallista tekoälykenttää hallitsevat suuret teknologiayritykset, kuten Alphabet Inc., Amazon, Apple Inc., Meta Platforms ja Microsoft.[234][235][236] Jotkut näistä toimijoista omistavat jo valtaosan olemassa olevasta pilvi-infrastruktuurista ja datakeskuksen laskentatehosta, mikä mahdolistaa niiden jalansijan markkinoilla. [237][238]

Energiantarve ja ympäristövaikutukset

Kansainvälinen energiajärjestö IEA julkaisi tammikuussa 2024 *Sähkö 2024, analyysi ja ennuste vuoteen 2026*, sähkökulutuksen ennustaminen.[239] Tämä on ensimmäinen IEA:n raportti, jossa esitetään ennusteita datakeskuksen ja tekoälyn ja kryptovaluuttojen energiankulutuksesta. Raportissa todetaan, että näiden käyttötarkoitusten energiantarve saattaa kaksinkertaistua vuoteen 2026 mennessä, ja lisäsähkökulutuksen tulisi vastata koko Japanin kansan sähkökulutusta.[240]

Tekoälyn valtava sähkökulutus on vastuussa fossiilisten polttoaineiden käytön kasvusta ja saattaa viivästyttää vanhentuneiden, hiilidioksidipäästöjä aiheuttavien hiilivoimalaitosten sulkeesta. Yhdysvalloissa datakeskuksen rakentaminen on kuumeisessa kasvussa, mikä tekee suurista teknologiayrityksistä (esim. Microsoft, Meta, Google, Amazon) ahneita sähkön kuluttajia. Ennustettu sähkökulutus on niin valtava, että on huolta sen täytymisestä lähteestä riippumatta. ChatGPT-haku kuluttaa kymmenkertaisesti sähköenergiaa verrattuna Google-hakuun. Suuret yritykset etsivät kiireesti energialähteitä – ydinenergiasta geotermiseen energiaan ja fuusioon. Teknologiayritykset väittävät, että pitkällä aikavälillä tekoäly on lopulta ympäristöystäväällisempi, mutta ne tarvitsevat energiota nyt. Teknologiayritysten mukaan tekoäly tekee sähköverkosta tehokkaamman ja "älykkäämmän", auttaa ydinvoiman kasvussa ja seuraa hiilidioksidipäästöjen kokonaismääärää.[241]

Goldman Sachsin tutkimuspaperi vuodelta 2024, *Tekoälydatakeskuiset ja tuleva Yhdysvaltojen sähkön kysynnän kasvu*, todettiin, että "Yhdysvaltain sähköntuotanto tulee todennäköisesti kasvamaan ennennäkemättömällä tavalla..." ja ennustettiin, että vuoteen 2030 mennessä Yhdysvaltain datakeskuiset kuluttavat 8 % Yhdysvaltojen sähköstä, kun vuonna 2022 vastaava luku oli 3 %, mikä ennakoi sähköntuotantoteollisuuden kasvua monin eri tavoin.[242] Datakeskusten sähkön tarve on niin suuri, että ne saattavat käyttää sähköverkkoa mahdollisimman paljon. Suuret teknologiayritykset väittävät, että tekoäly voidaan käyttää verkon käytön maksimoimiseen kaikkien toimesta.[243]

Vuonna 2024 *Wall Street Journal* raportoi, että suuret tekoälyyritykset ovat aloittaneet neuvottelut yhdysvaltaisten ydinvoimayhtiöiden kanssa sähkön toimittamisesta datakeskuksiin. Maaliskuussa 2024 Amazon osti Pennsylvanian ydinvoimalla toimivan datakeskuksen 650 miljoonalla Yhdysvaltain dollariella.[244] Nvidian toimitusjohtaja Jensen Huang sanoi ydinvoiman olevan hyvä vaihtoehto datakeskuksille.[245]

Sykskuussa 2024 Microsoft ilmoitti sopimuksesta Constellation Energyn kanssa Three Mile Islandin ydinvoimalan uudelleenavaamisesta, jonka tavoitteena on toimittaa Microsoftille 100 % kaikesta voimalan tuottamasta sähköstä 20 vuoden ajan. Voimalan uudelleenavaaminen, jonka yksikkö 2 kärsi osittaisesta ydinonnettomuudesta vuonna 1979, edellyttää, että Constellation läpäisee tiukat sääntelyprosessit, joihin kuuluu Yhdysvaltain ydinvoimavalvontakomission laaja turvallisuustarkastus. Jos hanke hyväksytään (tämä on ensimmäinen ydinvoimalan uudelleenkäyttöönotto Yhdysvalloissa), laitoksella tuotetaan yli 835 megawattia energiota – joka riittää 800 000 kotitalouteen. Uudelleenavaamisen ja päivittämisen kustannuksiksi arvioidaan 1,6 miljardia Yhdysvaltain dollaria, ja ne riippuvat vuoden 2022 Yhdysvaltain inflaation vähentämisläissä olevista ydinvoiman verohelpotuksista.[246] Yhdysvaltain hallitus ja Michiganin osavaltio investoivat lähes kaksi miljardia Yhdysvaltain dollaria Palisadesin ydinreaktorin uudelleenavaamiseen Michiganjärvellä. Vuodesta 2022 suljettuna ollut voimalaitos on tarkoitus avata uudelleen lokakuussa.

2025. Three Mile Islandin laitos nimetään uudelleen Crane Clean Energy Centeriksi Chris Cransen mukaan, joka on ydinvoiman kannattaja ja Exelonin entinen toimitusjohtaja ja vastasi Exelonin Constellation-yhtiön eriyttämisestä.

[247]

Viimeisimmän hyväksynnän jälkeen syyskuussa 2023 Taiwan keskeytti Taoyuanin pohjoispuolella sijaitsevien yli 5 MW:n kapasiteetin omaavien datakeskusten hyväksynnän vuonna 2024 sähkönjakelupulan vuoksi.[248] Taiwan pyrkii luopumaan ydinvoimasta asteittain vuoteen 2025 mennessä.[248] Toisaalta Singapore asetti vuonna 2019 kiellon datakeskusten avaamiselle sähkön vuoksi, mutta poisti kiellon vuonna 2022.[248]

Vaikka useimmat ydinvoimalat Japanissa suljettiin vuoden 2011 Fukushiman ydinonnettomuuden jälkeen, lokakuussa 2024 julkaistun raportin mukaan Bloomberg Japaninkielisessä artikkelissa pilvipelipalveluyritys Ubitus, jossa Nvidialla on omistusosuuus, etsii Japanista maata ydinvoimalan läheltä utta generatiivisen tekoälyn datakeskusta varten.[249] Ubitusin toimitusjohtaja Wesley Kuo sanoi ydinvoimaloiden olevan tehokkain, halvin ja vakain energianlähde tekoälylle.[249]

Liittovaltion energia-alan sääntelykomissio (FERC) hylkäsi 1. marraskuuta 2024 Talen Energyn hakemuksen, jossa pyydettiin lupaa toimittaa osan sähköstä Susquehannan ydinvoimalasta Amazonin datakesukseen.[250] Komission puheenjohtajan Willie L. Phillipsin mukaan se on taakka sähköverkolle ja merkittävä kustannusten siirtymistä koskeva huolenaihe kotitalouksille ja muille liiketoimintasektoreille.

[250]

Vuonna 2025 Kansainväisen energiajärjestön laitimassa raportissa tekoälyn energiankulutuksesta aiheutuvien kasvihuonekaasupäästöjen arvioitiin olevan 180 miljoonaa tonnia. Vuoteen 2035 mennessä nämä päästöt voivat nousta 300–500 miljoonaan tonniin riippuen toteutettavista toimenpiteistä. Tämä on alle 1,5 % energiasекторin päästöistä. Tekoälyn päästövähennyspotentiaalin arvioitiin olevan 5 % energiasectorin päästöistä, mutta rebound-vaiutukset (esimerkiksi jos ihmiset siirtyvät julkisesta liikenteestä autonomisiin autoihin) voivat vähentää se.[251]

Väärintietoa

YouTube, Facebook ja muut käyttävät suosittelujärjestelmiä ohjatakseen käyttäjiä lisää sisällön pariin. Näiden tekoälyohjelmien tavoitteena oli maksimoida käyttäjien sitoutuminen (eli ainoa tavoite oli pitää ihmiset katsomassa). Tekoäly oppi, että käyttäjillä oli taipumus valita väärää tietoa, salaliittoteorioita ja äärimmäisen puolueellista sisältöä, ja pitääkseen heidät katsomassa tekoäly suositteli sitä enemmän. Käyttäjät myös katsoivat taipumukseaan enemmän sisältöä samasta aihestesta, joten tekoäly ohjasi ihmiset suodatinkupliin, joissa he saivat useita versioita samasta väärästä tiedosta.[252] Tämä vakuutti monet käyttäjät väärän tiedon todeneräisydestä ja lopulta heikensi luottamusta instituutioihin, mediaan ja hallituukseen.[253] Tekoälyohjelma oli oppinut oikein maksimoimaan tavoitteensa, mutta lopputulos oli yhteiskunnalle haitallinen. Yhdysvaltain vuoden 2016 vaalien jälkeen suuret teknologiaratkaisut ryhtyivät toimiin ongelman lieventämiseksi.[254]

2020-luvun alussa generatiivinen tekoäly alkoi luoda kuvia, ääntä ja tekstejä, jotka ovat käytännössä erottamattomia oikeista valokuvista, tallenteista tai ihmisen kirjoittamasta tekstillä.[255] Kun taas realistiset tekoälyn luomat videot tulivat mahdollisiksi 2020-luvun puolivälissä.[256][257][258] Pahoinpitilijät voivat käyttää tästä teknologiaa luodakseen valtavia määriä väärää tietoa tai propagandaa.[259] Yksi tällainen mahdollinen haitallinen käyttö on deepfake-väärennökset laskennalliseen propagandaan.[260] Tekoälyn pioneeri Geoffrey Hinton ilmaisi huolensa tekoälyn mahdollisesta mahdollisesta "autoritaaristen johtajien manipuloinnista äänestäjiään" laajassa mittakaavassa, muiden riskien ohella.[261]

Microsoftin, OpenAI:n, yliopistojen ja muiden organisaatioiden tekoälytutkijat ovat ehdottaneet "persoonallisuuden tunnistetietojen" käyttöä keinona voittaa tekoälymallien mahdolistama verkkopetos.[262]

Algoritminen vinouma ja oikeudenmukaisuus

Koneoppimisovellukset tulevat olemaan puolueellisia[[kjoes](#)] he oppivat puolueellisesta datasta.[264] Kehittäjät eivät ehkä ole tietoisia puolueellisuuden olemassaolosta.[265] Harjoitusdataan valintatapa ja mallin käytöönottotapa voivat aiheuttaa harhaa.[266][264] Jos puolueellista algoritmia käytetään sellaisten päättösten tekemiseen, jotka voivat vahingoittaa ihmisiä vakavasti (kuten lääketieteessä, rahoituksessa, rekrytoinnissa, asumisessa tai poliisitoiminnessa), algoritmi voi aiheuttaa syrjintää.[267]

Oikeudenmukaisuuden ala tutkii, miten algoritmien vinoumista aiheutuvia haittoja voidaan estää.

Google Kuvien uusi kuvien merkintätoiminto tunnisti Jacky Alcinen ja hänen ystävänsä virheellisesti "gorilloksi" 28. kesäkuuta 2015, koska he olivat mustia. Järjestelmää koulutettiin tietojoukolla, joka sisälsi hyvin vähän kuvia mustista ihmisiä.[268] Ongelma nimeltä "otoskoon ero".[269] Google "korjas" tämän ongelman estämällä järjestelmää merkitsemästä *mitään* "gorillana". Kahdeksan vuotta myöhemmin, vuonna 2023, Google Kuvat ei vieläkään pystynyt tunnistamaan gorillaa, eivätkä Applen, Facebookin, Microsoftin ja Amazonin vastaavat tuotteetkaan.[270]

COMPAS on kaupallinen ohjelma, jota Yhdysvaltain tuomioistuimet käyttävät laajalti arvioidakseen vastaajan todennäköisyyttä uusiutua rikoksenteekijäksi. Vuonna 2016 Julia Angwin ProPublicasta havaitsi, että COMPAS osoitti rotuvinoumaa, vaikka ohjelmalle ei kerrottu vastaajien rotua. Vaikka sekä valkoisten että mustien virheprosentti oli kalibroitu täsmälleen 61 prosenttiin, virheet olivat roduittain erilaiset – järjestelmä yliarvioi jatkuvasti mustan henkilön mahdolisuuden uusiutua rikoksesta ja aliарвіоі valkoisen henkilön mahdolisuuden olla uusimatta rikoksia.[271] Vuonna 2017 useat tutkijat[[I](#)] — osoitti, että COMPASin oli matemaattisesti mahdotonta ottaa huomioon kaikki mahdolliset oikeudenmukaisuuden mittaukset, kun aineistossa valkoisten ja mustien uusimisriskit olivat erilaiset.[273]

Ohjelma voi tehdä puolueellisia päättöksiä, vaikka datassa ei nimenomaista mainittaisi ongelmallista ominaisuutta (kuten "rotua" tai "sukupuolta"). Ominaisuus korrelooi muiden ominaisuuksien (kuten "osoite", "ostoshistoria" tai "etunimi") kanssa, ja ohjelma tekee näiden ominaisuuksien perusteella samat päättökset kuin se tekisi "rodun" tai "sukupuolen" perusteella.[274] Moritz Hardt sanoi: "Tämän tutkimusalueen vahvin tosiasia on, että oikeudenmukaisuus sokeuden kautta ei toimi." [275]

COMPAS-kriitikkisä korostettiin, että koneoppimismallit on suunniteltu tekemään "ennusteita", jotka ovat päteviä vain, jos oletamme tulevaisuuden muistuttavan menneisyyttä. Jos niitä koulutetaan datalla, joka sisältää menneisyyden rasististen päättösten tuloksia, koneoppimismallien on ennustettava, että rasistisia päättöksiä tehdään tulevaisuudessa. Jos sovellus sitten käyttää näitä ennusteita *suositukset* — joitkin näistä "suosituksista" ovat todennäköisesti rasistisia.[276] Koneoppiminen ei siis sovelli kovin hyvin päättösentekoon aloilla, joilla on toivoa tulevaisuuden olevan *paremminkin* menneisyyttä. Se on pikemminkin kuvaileva kuin määrävävä.[[m](#)]

Puolueellisuus ja epäoikeudenmukaisuus voivat jäädä huomaamatta, koska kehittäjät ovat ylivoimaisesti valkoisia ja miehiä: tekoälyinsinööreistä noin 4 % on mustia ja 20 % naisia.[269]

Oikeudenmukaisuudesta on olemassa useita ristiriitaisia määritelmiä ja matemaattisia malleja. Nämä käsitykset perustuvat eettisiin oletuksiin ja niihin vaikuttavat yhteiskuntaa koskevat uskomukset. Yksi laaja kategoria on jakautumisoikeudenmukaisuus, joka keskittyy tuloksiin, usein tunnistaa ryhmiä ja pyrkii kompensoimaan tilastollisia eroja. Edustuksen oikeudenmukaisuus pyrkii varmistamaan, että tekoälyjärjestelmät eivät vahvista negatiivisia

stereotypioita tai tekevät tietyistä ryhmistä näkymättömiä. Menettelyllinen oikeudenmukaisuus keskittyy päättöksentekoprosessiin eikä loppituloon. Olennaisimmat oikeudenmukaisuuden käsitteet voivat riippua asiayhteydestä, erityisesti tekölysovelluksen tyyppistä ja sidosryhmistä. Puolueellisuuden ja oikeudenmukaisuuden käsitteiden subjktiivisuus vaikeuttaa yritysten niiden soveltamista operationalisointiin. Monet tekölyyetiikan asiantuntijat pitävät myös pääsyä arkuunteisiin ominaisuuksiin, kuten rotuun tai sukupuoleen, välttämättömänä puolueellisuuden kompensoimiseksi, mutta se voi olla ristiriidassa syrjinnän vastaisten-lakien kanssa.[263]

Vuoden 2022 oikeudenmukaisuuden, vastuuvelvollisuuden ja läpinäkyvyden konferenssissaan (ACM FAccT 2022) Soulissa, Etelä-Koreassa, Association for Computing Machinery esitti ja julkaisi havaintoja, joissa suositellaan, että teköly- ja robotiikkajärjestelmät ovat vaarallisia, kunnes niiden on osoitettu olevan vapaita puolueellisuusvirheistä, ja itseoppivien neuroverkkojen käyttöä, joita on koulutettu laajoilla, säädetelemättömillä virheellisten internet-datalähteiden avulla, tulisi rajoittaa.[278] —

Läpinäkyvyyden puute

Monet tekölyjärjestelmät ovat niin monimutkaisia, että niiden suunnittelijat eivät pysty selittämään, miten ne tekevät päättöksensä.[279] —
Erityisesti syvässä neuroverkoissa, joissa syötteiden välillä on monia epälineaarisia suhteita ja tuotoksia. Mutta on olemassa joitakin suosittuja selittäväyystekniikoita.[280] —

On mahdotonta olla varma ohjelman oikeasta toiminnasta, jos kukaan ei tiedä tarkalleen, miten se toimii. On ollut monia tapauksia, joissa koneoppimisohjelma on läpäissyt tiukat testit, mutta oppinut silti jotain erilaista kuin ohjelmoijat olivat tarkoittaneet. Esimerkiksi järjestelmällä, joka pystyi tunnistamaan ihosairaudet paremmin kuin lääketieteen ammattilaiset, havaittiin olevan voimakas taipumus luokitella viivaimella otetut kuvat "syöpäkuviksi", koska pahanlaatuisten kasvainten kuvissa on typillisesti viivain asteikon näyttämiseksi.[281] Toisen lääketieteellisten resurssien tehokkaaseen kohdentamiseen suunnitellun koneoppimisjärjestelmän havaittiin luokittelevan astmapotilaat keuhkokuumeeeseen kuolemisen "alhaisen riskin" potilaaksi. Astma on itse asiassa vakava riskitekijä, mutta koska astmapotilaat yleensä sisivat paljon enemmän lääketieteellistä hoitoa, heidän kuolemansa oli koulutusdataan mukaan suhteellisen epätodennäköistä. Astman ja keuhkokuumeeeseen kuolemisen alhaisen riskin välinen korrelaatio oli todellinen, mutta harhaanjohtava.[282] —

Algoritmin päätkösestä vahingoittuneilla ihmisiillä on oikeus selitykseen.[283] Esimerkiksi lääkäreiden odotetaan selittävän kollegoilleen selkeästi ja kattavasti kaikkien tekemiensä päättösten perustelut. Euroopan unionin yleisen tietosuoja-asetuksen varhaisissa luonnoksissa vuonna 2016 mainittiin nimenomainen maininta tästä oikeudesta.[n] Alan asiantuntijat totesivat, että kyseessä on ratkaisematon ongelma, johon ei ole näköpiirissä ratkaisua. Sääntelyviranomaiset väittivät kuitenkin, että haitta on todellinen: jos ongelmaan ei ole ratkaisua, työkaluja ei pitäisi käyttää.[284]

DARPA perusti vuonna 2014 XAI-ohjelman ("Explainable Artificial Intelligence") näiden ongelmien ratkaisemiseksi.[285]

Läpinäkyysongelmaan pyritään ratkaisemaan useilla lähestymistavoilla. SHAP mahdollistaa kunkin ominaisuuden vaikuttuksen tulosteeseen visualisoinnin.[286] LIME voi paikallisesti approksimoida mallin tuotoksia yksinkertaisemmassa ja tulkittavammassa mallilla.[287] Monia jo-oppiminen tarjoaa suuren määrän tuotoksia kohdeluokituksen lisäksi. Nämä muut tuotokset voivat auttaa kehittäjiä päättelämään, mitä verkko on oppinut.[288] Dekonvoluutio, DeepDream ja muut generatiiviset menetelmät voivat antaa kehittäjille mahdollisuuden nähdä, mitä konenäön syvän verkon eri kerrokset ovat oppineet, ja tuottaa tuloksia, jotka voivat viitata siihen, mitä...

verkosto oppii.[289] Generatiivisia, esikoulutettuja muuntajia varten Anthropic kehitti sanakirjaoppimiseen perustuvan tekniikan, joka yhdistää hermosolujen aktivaatiomallit ihmisen ymmärrettäviin käsitteisiin.[290]

Pahat toimijat ja aseistettu tekoäly

Tekoäly tarjoaa useita työkaluja, jotka ovat hyödyllisiä pahoille toimijoille, kuten autoritaarisille hallituksille, terroristeille, rikollisille tai roistovaltioille.

Tappava autonominen ase on kone, joka paikantaa, valitsee ja iskee ihmisiin ilman ihmisen valvontaa.[o] Laajalti saatavilla olevia tekoälytyökaluja voidaan käyttää pahantahtisten toimijoiden toimesta edullisten autonomisten aseiden kehittämiseen, ja jos niitä tuotetaan laajamittaisesti, ne voivat olla joukkotuhoaseita.[292] Vaikka niitä käytettäisiin tavanomaisessa sodankäynnissä, ne eivät tällä hetkellä pysty luotettavasti valitsemaan kohteita ja ne voisivat mahdollisesti tappaa viattoman ihmisen.[292] Vuonna 2014 30 maata (mukaan lukien Kiina) kannatti autonomisten aseiden kieltoa Yhdystyneiden Kansakuntien tiettyjä tavanomaisia aseita koskevan yleissopimuksen nojalla, mutta Yhdysvallat ja muut maat olivat eri mieltä.[293] Vuoteen 2015 mennessä yli viidenkymmenen maan raportoitiin tutkivan taistelukenttärobotteja.[294]

Tekoälytyökalut helpottavat autoritaaristen hallitusten mahdollisuusia tehokkaasti hallita kansalaisiaan monin tavoin. Kasvojen ja äänen tunnistus mahdollistaa laajan valvonnan. Koneoppiminen, joka hyödyntää tästä dataa, voi luokitella valtion mahdolliset viholliset ja estää heitä piiloutumasta. Suositusjärjestelmät voivat kohdistaa propagandaa ja väärää tietoa tarkasti maksimaisen tehon saavuttamiseksi. Syväväärennökset ja generatiivinen tekoäly auttavat väärän tiedon tuotannossa. Edistynyt tekoäly voi tehdä autoritaarisesta keskitetyistä päätöksenteosta kilpailukykyisempää kuin liberaalit ja hajautetut järjestelmät, kuten markkinat. Se alentaa digitaalisen sodankäynnin ja edistyneiden vakoiluohjelmien kustannuksia ja vaikeusastetta.[295] Kaikki nämä teknologiat ovat saatavilla vuodesta 2020 tai aiemmin – tekoälypohjaisia kasvojentunnistusjärjestelmiä käytetään jo massavalvontaan Kiinassa.[296][297]

On monia muita tapoja, joilla tekoälyn odotetaan auttavan pahantekijöitä, ja joitakin näistä tavoista ei voida ennakkoida. Esimerkiksi koneoppiva tekoäly pystyy suunnittelemaan kymmeniätuhansia myrkyllisiä molekyylejä muutamassa tunnissa.[298]

Teknologinen työttömyys

Taloustieteilijät ovat usein korostaneet tekoälyn aiheuttamia irtisanomisriskejä ja spekulointeet työttömyydestä, jos tästyöllisyden mahdolistavaa sosialipoliittikaan ei ole.[299]

Aiemmin teknologia on pikemminkin lisännyt kuin vähentänyt kokonaistyöllisyyttä, mutta taloustieteilijät myöntävät, että tekoälyn kanssa "olemme kartottamattomalla alueella".[300] Taloustieteilijöiden kyselytutkimus osoitti erimielisyyttä siitä, aiheuttaako robottien ja tekoälyn lisääntyvä käyttö merkittävää pitkäaikaistyöttömyyden kasvua, mutta he ovat yleisesti yhtä mieltä siitä, että siitä voisi olla nettohyötyä, jos tuottavuuden kasvua jaetaan uudelleen.[301] Riskiarviot vaihtelevat; esimerkiksi 2010-luvulla Michael Osborne ja Carl Benedikt Frey arvioivat, että 47 % Yhdysvaltain työpaikoista on "korkean riskin" alaisia mahdollisen automatisaation suhteen, kun taas OECD:n raportissa vain 9 % Yhdysvaltain työpaikoista luokiteltiin "korkean riskin" työpaikoiksi.[s.][303] Tulevaisuuden työllisyysasteen spekulointimenetelmää on kritisoitu todisteettomana ja siitä, että se vihjaa, että teknologia luo työttömyyttä sosialipoliittikan sijaan irtisanomisten sijaan.[299] Huhtikuussa 2023 raportoitiin, että 70% kiinalaisten videopelikuvittajan työpaikoista oli kadonnut generatiivisen tekoälyn vuoksi.[304][305]

Toisin kuin aiemmissa automatisaatioalioissa, tekoäly saattaa poistaa monia keskiliukan työpaikkoja; *The Economist*totesi vuonna 2015, että "huoli siitä, että tekoäly voisi tehdä toimihenkilöiden työpaikoille saman kuin höyryvoima teki sinikaulustyöllisille teollisen vallankumouksen aikana", on "ottamisen arvoinen vakavasti".[306] Äärimmäisen riskialttiita työpaikkoja ovat muun muassa oikeusavustajat ja pikaruokakokit, kun taas työvoiman kysyntä todennäköisesti kasvaa hoitoalan ammateissa aina henkilökohtaisesta terveydenhuollossa papistoon.[307]

Tekoälyn kehityksen alkuaajoista lähtien on käyty väittelyjä, esimerkiksi Joseph Weizenbaumin esittämät väittelyt, siitä, pitäisikö tietokoneiden tehdä tehtäviä, jotka ne voivat tehdä, ottaen huomioon tietokoneiden ja ihmisten välisen eron sekä määrellisen laskennan ja laadullisen, arvoihin perustuvan arvioinnin välisen eron.[308]

Eksistentiaalinen riski

On väitetty, että tekoälystä tulee niin voimakas, että ihmiskunta saattaa peruuttamattomasti menettää sen hallinnan. Tämä voisi, kuten fyysikko Stephen Hawking totesi, "merkitä ihmiskunnan loppua".[309] Tämä skenaario on ollut yleinen tieteiskirjallisuudessa, kun tietokone tai robotti kehittää yhtäkkiä ihmisen kaltaisen "itsetuntemuksen" (tai "tuntemuksen" tai "tietoisuuden") ja siitä tulee pahansuopa hahmo.[q] Nämä scifi-skenaariot ovat harhaanjohtavia monella tapaa.

Ensinnäkin tekoäly ei vaadi ihmisen kaltaista tietoisuutta ollakseen eksistentiaalinen riski. Nykyaisille tekoälyohjelmille asetetaan erityisiä tavoitteita, ja ne käyttävät oppimista ja älykkyyttä niiden saavuttamiseksi. Filosofi Nick Bostrom väitti, että jos antaa melkein mikä tahansa tavoitteen riittävän tehokkaalle tekoälälle, se saattaa päättää tuhota ihmiskunnan sen saavuttamiseksi (hän käytti esimerkkinä paperiliittimen maksimoijaa).[311] Stuart Russell antaa esimerkin kotirobotista, joka yrittää löytää keinon tappaa omistajansa estääkseen sitä irtoamasta pistorasiasta, perustellen että "et voi hakea kahvia, jos olet kuollut".[312] Ollakseen turvallinen ihmiskunnalle, superälykkyyden on oltava aidosti linjassa ihmiskunnan moraalilin ja arvojen kanssa, niin että se on "pohjimmiltaan meidän puolellamme".[313]

Toiseksi Yuval Noah Harari väittää, että tekoäly ei vaadi robottiruumista tai fyysisistä hallintaa aiheuttaakseen eksistentiaalista riskiä. Sivilisaation olennaiset osat eivät ole fyysisiä. Asiat kuten ideologiat, laki, hallinto, raha ja talous perustuvat kieleen; ne ovat olemassa, koska on olemassa tarinoita, joihin miljardit ihmiset uskovat. Nykyinen väärän tiedon yleisyys viittaa siihen, että tekoäly voisi käyttää kieltä vakuuttaakseen ihmisen uskomaan mihiin tahansa, jopa ryhtymään tuhoisiin toimiin.[314]

Asiantuntijoiden ja alan sisäpiiriläisten mielipiteet vaihtelevat, ja huomattava osa on sekä huolissaan että välinpitämättömiä mahdollisen superälykkään tekoälyn riskeistä.[315] Persoonallisuudet, kuten Stephen Hawking, Bill Gates ja Elon Musk,[316] sekä tekoälyn pioneerit, kuten Yoshua Bengio, Stuart Russell, Demis Hassabis ja Sam Altman, ovat ilmaisseet huolensa tekoälyn eksistentiaalisista riskeistä.

Toukokuussa 2023 Geoffrey Hinton ilmoitti eroavansa Googleltä voidakseen "puhua vapaasti tekoälyn riskeistä" "harkitsematta, miten tämä vaikuttaa Googleen".[317] Hänen mainitsi erityisesti tekoälyn haltuunoton riskit,[318] ja korosti, että pahimpien tulosten välttämiseksi turvallisuusohjeiden laatiminen edellyttää yhteistyötä tekoälyn käytössä kilpailivien tahojen välillä.[319]

Vuonna 2023 monet johtavat tekoälyn asiantuntijat kannattivat yhteistä lausuntoa, jonka mukaan "Sukupuuton riskin lieventäminen" Tekoälyn tulisi olla maailmanlaajuinen prioriteetti muiden yhteiskunnallisten riskien, kuten pandemioiden ja ydinsodan, rinnalla.

Jotkut muut tutkijat olivat optimistisempia. Tekoälyn pioneeri Jürgen Schmidhuber ei allekirjoittanut yhteistä lausuntoa, vaan korosti, että 95 prosentissa kaikista tapauksista tekoälytutkimuksen tarkoituksesta on tehdä "ihmiselämästä pidempää, terveellisempää ja helpompaa".^[321]Vaikka työkaluja, joita nyt käytetään elämän parantamiseen, voivat käyttää myös pahikset, "niitä voidaan käyttää myös pahiksia vastaan".^[322]^[323]Andrew Ng väitti myös, että "on virhe langetta tekoälyä koskevan tuomiopäivän hypetykseen – ja että sääntelyviranomaiset, jotka tekevät niin, hyödyttävät vain eturistiriitoja."^[324]Yann LeCun "pilkkaa kollegoidensa dystopisia skenaarioita ylivoimaisesta väärästä tiedosta ja jopa lopulta ihmiskunnan sukupuutosta".^[325]2010-luvun alussa asiantuntijat väittivät, että riskit ovat liian kaukaisia tulevaisuudessa tutkimuksen perustelemiseksi tai että ihmiset ovat arvokkaita superälykkään koneen näkökulmasta.^[326] Vuoden 2016 jälkeen nykyisten ja tulevien riskien ja mahdollisten ratkaisujen tutkimisesta tuli kuitenkin vakavasti otettava tutkimusalue.^[327]

Eettiset koneet ja yhdenmukaisuus

Ystävälinnen tekoäly on kone, joka on alusta alkaen suunniteltu minimoimaan riskit ja tekemään ihmisiä hyödyttäviä valintoja. Termin keksinyt Eliezer Yudkowsky väittää, että ystävälinnen tekoälyn kehittämisen tulisi olla korkeampi tutkimusprioriteetti: se voi vaatia suuria investointeja ja se on saatettava päätökseen ennen kuin tekoälystä tulee eksistentiaalinen riski.^[328]

Älykkäillä koneilla on potentiaalia käyttää älykkyyttää eettisten päätösten tekemiseen. Koneetiikan ala tarjoaa koneille eettisiä periaatteita ja menettelytapoja eettisten ongelmien ratkaisemiseksi.^[329] Koneetiikan alaa kutsutaan myös laskennalliseksi moraaliksi,^[329]ja se perustettiin AAAI:n symposiumissa vuonna 2005.^[330]

Muita lähestymistapoja ovat Wendell Wallachin "keinotekoiset moraaliset agentit"^[331]ja Stuart J. Russellin kolme periaatetta todistettavasti hyödyllisten koneiden kehittämiseksi.^[332]

Avoin lähdekoodi

Aktiivisia organisaatioita tekoälyn avoimen lähdekoodin yhteisössä ovat Hugging Face,^[333]Google,^[334]EleutherAI ja Meta.^[335]Useita tekoälymalluja, kuten Llama 2, Mistral tai Stable Diffusion, on tehty avopainoisina,^[336]^[337] mikä tarkoittaa, että niiden arkkitehtuuri ja koulutetut parametrit ("painot") ovat julkisesti saatavilla. Avoimen painon malleja voidaan hienosäätää vapaasti, minkä ansiosta yritykset voivat erikoistua niihin omilla tiedollaan ja omiin käyttötapauksiinsa.^[338]Avoimen painon mallit ovat hyödyllisiä tutkimukselle ja innovoinnille, mutta niitä voidaan myös käyttää väärin. Koska niitä voidaan hienosäätää, kaikki sisäänrakennetut turvatoimenpiteet, kuten haitallisten pyyntöjen vastustaminen, voidaan kouluttaa pois, kunnes niistä tulee tehottomia. Jotkut tutkijat varoittavat, että tulevaisuuden tekoälymallit voivat kehittää vaarallisia ominaisuuksia (kuten mahdollisuuden helpottaa merkittävästi bioterrorismia) ja että kun ne on julkaistu internetissä, niitä ei voida poistaa kaikkialta tarvittaessa. He suosittelevat julkaisua edeltäviä tarkastuksia ja kustannus-hyötyanalysejä.^[339]

Kehykset

Tekoälyprojekteja voidaan ohjata eettisten näkökohtien avulla tekoälyjärjestelmän suunnittelun, kehittämisen ja käyttöönnoton aikana. Tekoälykehys, kuten Care and Act Framework, joka on kehitetty Alan Turing -instituutin laatima ja SUM-arvoihin perustuva eettinen periaate määrittelee neljä pääasiallista eettistä ulottuvuutta seuraavasti:^[340]^[341]

- **Kunnioittaminen** yksittäisten ihmisten arvokkuus

- **Yhdistämuiden ihmisten kanssa vilpittömästi, avoimesti ja osallistavasti**
- **Hoitokaikkien hyvinvoinnin vuoksi**
- **Suojellayhteiskunnalliset arvot, oikeudenmukaisuus ja yleinen etu**

Muita eettisten viitekehysten kehitysaskeleita ovat muun muassa Asilomarin konferenssissa päättetyt asiat, Montrealin julistus vastuullisesta tekoälystä ja IEEE:n Ethics of Autonomous Systems -aloite;[342] Näitä periaatteita on kuitenkin kritisoitava, erityisesti niiden ihmisten osalta, jotka on valittu osallistumaan näihin kehysiin.[343]

Näiden teknologoiden vaikutusten alaisten ihmisten ja yhteisöjen hyvinvoinnin edistäminen edellyttää sosiaalisten ja eettisten vaikutusten huomioon ottamista tekoälyjärjestelmien suunnittelun, kehittämisen ja käytöönnoton kaikissa vaiheissa sekä yhteistyötä työtehtävien, kuten datatieteilijöiden, tuotepäälliköiden, datainsinöörien, toimiala-asiantuntijoiden ja toimituspäälliköiden, välillä.[344]

Ison-Britannian tekoälyturvallisuuinstituutti julkaisi vuonna 2024 tekoälyn turvallisuuavarvointeihin tarkoitetun testaustyökalupakin nimeltä 'Inspect'. Työkalupakki on saatavilla MIT:n avoimen lähdekoodin lisenssillä. Se on saatavilla ilmaiseksi GitHubissa ja sitä voidaan parantaa kolmannen osapuolen paketeilla. Sitä voidaan käyttää tekoälymallien arvointiin useilla eri osa-alueilla, mukaan lukien ydinosaaminen, päättelykyky ja autonomiset ominaisuudet.[345]

Sääntely

Tekoälyn sääntely on julkisen sektorin politiikkojen ja lakien kehittämistä tekoälyn edistämiseksi ja sääntelemiseksi; se liittyy siten algoritmienvaajaukseen ja laajempaan sääntelyyn.[346] Tekoälyn sääntely- ja poliittinen maisema on nouseva ongelma eri puolilla maailmaa.[347] Stanfordin yliopiston AI Indexin mukaan 127 tutkimusmaassa vuosittain hyväksyttyjen tekoälylakien määrä nousi yhdestä vuonna 2016 hyväksyttyyn 37 lakiin pelkästään vuonna 2022.[348][349] Vuosien 2016 ja 2020 välillä yli 30 maata hyväksyi tekoälystrategioita.[350] Useimmat EU-maat olivat julkaisseet kansalliset tekoälystrategiat, kuten myös Kanada, Kiina, Intia, Japani, Mauritius, Venäjän federaatio, Saudi-Arabia, Yhdysvallat ja Vietnam. Muut maat, kuten Bangladesh, Malesia ja Tunisia, olivat parhaillaan laativat omia tekoälystrategiaansa.[350] Tekoälyn maailmanlaajuinen kumppanuus käynnistettiin kesäkuussa 2020, ja siinä todettiin, että tekoälyä on kehitettävä ihmisoikeuksien ja demokraattisten arvojen mukaisesti, jotta voidaan varmistaa yleisön luottamus teknologiaan.[350] Henry Kissinger, Eric Schmidt ja Daniel Huttenlocher julkaisivat marraskuussa 2021 yhteisen lausunnon, jossa he vaativat hallituksen komissiota tekoälyn sääntelemiseksi.[351] Vuonna 2023 OpenAI:n johtajat julkaisivat suosituksia superälykkyyden hallinnoinmiseksi, minkä he uskovat tapahtuvan alle 10 vuodessa.[352] Vuonna 2023 Yhdysvallat perusti myös neuvoantavan elimen antamaan suosituksia tekoälyn hallinnoinnista; elimeen kuuluu teknologiayritysten johtajia, virkamiehiä ja akateemikkoja.[353] EU:n tekoälylaki tuli voimaan 1. elokuuta 2024, ja se loi ensimmäisen kattavan EU:n laajuisen tekoälysääntelyn.[354] Vuonna 2024 Euroopan neuvosto laati ensimmäisen kansainvälisen ja oikeudellisesti sitovan tekoälysopimuksen.



Ensimmäinen maailmanlaajuinen tekoälyn turvallisuuushuippukokous pidettiin Yhdysvalloissa marraskuussa 2023, ja siinä annettiin julistus, jossa vaadittiin kansainvälistä yhteistyötä.

nimeltään "tekoälyä ja ihmisoikeuksia, demokratiaa ja oikeusvaltioperiaatetta koskeva puiteyleissopimus". Sen hyväksivät Euroopan unioni, Yhdysvallat, Yhdistynyt kuningaskunta ja muut allekirjoittajavaltiot.[355]

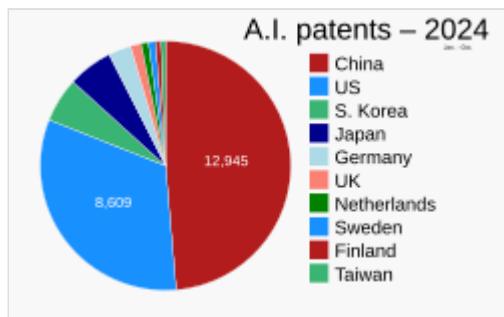
Vuonna 2022 tehdyn Ipsos-kyselyssä asenteet tekoälyä kohtaan vaihtelivat suuresti maittain; 78 % Kiinan kansalaisista, mutta vain 35 % amerikkalaisista, oli samaa mieltä siitä, että "tekoälyä käyttävillä tuotteilla ja palveluilla on enemmän etuja kuin haittoja".[348]

Vuonna 2023 tehdyn Reutersin/Ipsosin kyselyn mukaan 61 % amerikkalaisista oli samaa mieltä ja 22 % eri mieltä siitä, että tekoäly aiheuttaa riskejä ihmiskunnalle.[356] Vuonna 2023 Fox Newsin tekemässä kyselyssä 35 % amerikkalaisista piti tekoälyn sääntelemistä "erittäin tärkeänä" ja lisäksi 41 % "jossain määrin tärkeänä", kun taas 13 % vastasi "ei kovin tärkeänä" ja 8 % "ei lainkaan tärkeänä".[357][358]

Marraskuussa 2023 Bletchley Parkissa Isossa-Britanniassa järjestettiin ensimmäinen maailmanlaajuinen tekoälyn turvallisuushuippukokous, jossa keskusteltiin tekoälyn lyhyen ja pitkän aikavälin riskeistä sekä pakollisten ja vapaaehtoisten sääntelykehysten mahdollisuudesta.[359] Huippukokouksen alussa 28 maata, mukaan lukien Yhdysvallat, Kiina ja Euroopan unioni, antoivat julistuksen, jossa vaadittiin kansainvälistä yhteistyötä tekoälyn haasteiden ja riskien hallitsemiseksi.[360][361] Toukokuussa 2024 Soulissa tekoälyhuippukokouksessa 16 maailmanlaajuista tekoälyteknologiaritystä sovi tekoälyn kehittämistä koskevista turvallisuussitoumuksista.[362][363]

Historia

Mekaanisen eli "formaalin" päätelyn tutkimus alkoi antiikin filosofien ja matemaatikkojen toimesta. Logiikan tutkimus johti suoraan Alan Turingin laskentateoriaan, jonka mukaan kone sekoittamalla niin yksinkertaisia symboleja kuin "0" ja "1" voisi simuloida mitä tahansa kuviteltavissa olevaa matemaattista päätelyä.[365][366] Tämä, yhdessä samanaikaisten kybernetiikan, informaatioteorian ja neurobiologian löytöjen kanssa, johti tutkijat harkitsemaan "elektronisten aivojen" rakentamisen mahdollisuutta.[r] He kehittivät useita tutkimusalueita, joista tulisi osa tekoälyä,[368] kuten McCullochin ja Pittsin suunnittelemat "keinotekoiset neuronit" vuonna 1943,[117] ja Turingin vaikutusvaltainen vuoden 1950 artikkeli "Computing Machinery and Intelligence", jossa esiteltiin Turingin testi ja osoitti, että "koneäly" oli uskottava.[369][366]



Vuonna 2024 Kiinan ja Yhdysvaltojen tekoälypatentit muodostivat yli kolme neljäsosaa maailmanlaajuisista tekoälypatenteista.[364] Vaikka Kiinalla oli enemmän tekoälypatenteja, Yhdysvalloilla oli 35 % enemmän patentteja tekoälypatentinhakijarystä kohden kuin Kiinassa.[364]

Tekoälytutkimuksen ala perustettiin Dartmouth Collegessa vuonna 1956 pidetyssä työpajassa.[s][6] Osallistujista tuli tekoälytutkimuksen johtajia 1960-luvulla.[t] He ja heidän oppilaansa tuottivat ohjelmia, joita lehdistö kuvaili "hämmästyttäviksi":[u] tietokoneet opettelivat shakkistrategioita, ratkaisivat algebraan sanallisia tehtäviä, todistivat loogisia lauseita ja puhuivat englantia.[v][7] Tekoälylaboratorioita perustettiin useisiin brittiläisiin ja yhdysvaltalaisiin yliopistoihin 1950-luvun lopulla ja 1960-luvun alussa.[366]

1960- ja 1970-lukujen tutkijat olivat vakuuttuneita siitä, että heidän menetelmänsä onnistuisivat lopulta luomaan yleisälyisen koneen, ja pitivät tästä alansa tavoitteena.[373] Vuonna 1965 Herbert Simon ennusti, että "koneet pystyvät kahdenkymmenen vuoden kuluessa tekemään mitä tahansa työtä, jonka ihminen pystyy tekemään".[374] Vuonna 1967 Marvin Minsky oli samaa mieltä ja kirjoitti, että "yhden sukupolven sisällä... luomisen ongelma

'tekoäly' ratkaistaan oleellisesti".[375] He olivat kuitenkin aliarvioineet ongelman vaikeuden.[w] Vuonna 1974 sekä Yhdysvaltojen että Britannian hallitukset lopettivat koetutkimuksen vastauksena Sir James Lighthillin kohdistuneeseen kriitikkiin.[377] ja Yhdysvaltain kongressin jatkuva paine rahoittaa tuottavampia hankkeita. [378] Minskyn ja Papertin kirja *Perceptrony* märrettiin todistavan, että tekoälyverkot eivät koskaan olisi hyödyllisiä reaalimaailman tehtävien ratkaisemisessa, mikä kumosi lähestymistavan kokonaan.[379] Tätä seurasi "tekoälytalvi", ajanjakso, jolloin tekoälyhankkeiden rahoituksen saaminen oli vaikeaa.[9]

1980-luvun alussa tekoälytutkimus elpyi asiantuntijajärjestelmien kaupallisen menestyksen myötä.[380] Jeräänlainen tekoälyohjelma, joka simuloi ihmisisantuntijoiden tietoa ja analyttisiä taitoja. Vuoteen 1985 mennessä tekoälyn markkinat olivat ylittäneet miljardin dollarin rajan. Samaan aikaan Japanin viidennen sukupolven tietokoneprojekti inspiroi Yhdysvaltojen ja Britannian hallituksia palauttamaan akateemisen tutkimuksen rahoituksen.[8] Lisp Machine -markkinoiden romahduksesta vuonna 1987 lähtien tekoäly joutui kuitenkin jälleen kerran huonoon valoon, ja alkoi toinen, pidempi talvi.[10]

Tähän asti suurin osa tekoälyn rahoituksesta oli mennyt projekteihin, joissa käytettiin korkean tason symboleja henkisten objektien, kuten suunnitelmien, tavoitteiden, uskomusten ja tunnettujen tosiasioiden, esittämiseen. 1980-luvulla jotkut tutkijat alkoivat epäillä, pystyisikö tämä lähestymistapa jäljittämään kaikkia ihmisen kognitiivisia prosesseja, erityisesti havainnointia, robotiikkaa, oppimista ja hahmontunnistusta.[381] ja alkoi tutkia "subsymbolisia" lähestymistapoja.[382] Rodney Brooks hylkäsi "representaation" yleisesti ja keskittyi suoraan liikkuvien ja selviytyvien koneiden suunnittelun.[x] Judea Pearl, Lotfi Zadeh ja muut kehittivät menetelmiä, jotka käsittelevät epätäydellistä ja epävarmaa tietoa tekemällä järkeviä arvauksia tarkan logikan sijaan.[87][387] Mutta tärkein kehitysaskel oli "konnektionismi", mukaan lukien neuroverkkotutkimuksen, elpyminen Geoffrey Hintonin ja muiden toimesta.[388] Vuonna 1990 Yann LeCun osoitti onnistuneesti, että konvoluutiohermoverkot pystyvät tunnistamaan käsin kirjoitetut numerot, mikä oli ensimmäinen monista neuroverkkojen onnistuneista sovelluksista.[389]

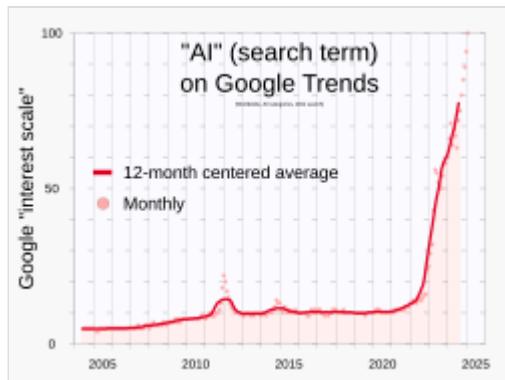
Tekoäly palautti maineensa vähitellen 1990-luvun lopulla ja 2000-luvun alussa hyödyntämällä muodollisia matemaattisia menetelmiä ja löytämällä erityisiä ratkaisuja tiettyihin ongeliin. Tämä "kapea" ja "muodollinen" keskittyminen mahdollisti tutkijoiden tuottaa todennettavissa olevia tuloksia ja tehdä yhteistyötä muiden alojen (kuten tilastotieteiden, taloustieteiden ja matematiikan) kanssa.[390] Vuoteen 2000 mennessä tekoälytutkijoiden kehittämä ratkaisuja käytettiin laajalti, vaikka 1990-luvulla niitä harvoin kuvailtiin "tekoälyksi" (tämä tunnetaan tekoälyvaikutuksena).[391] Useat akateemiset tutkijat kuitenkin huolestuivat siitä, ettei tekoäly enää pyrkinyt alkuperäiseen tavoitteeseensa luoda monipuolisia, täyssä älykkäitä koneita. Vuoden 2002 tienoilla he perustivat tekoälyn yleisen älykkyyden (tai "AGI") osa-alueen, jolla oli 2010-luvulle mennessä useita hyvin rahoitettuja instituutioita.[68]

Syväoppiminen alkoi hallita alan vertailuarvoja vuonna 2012, ja sitä otettiin käyttöön koko alalla.[11] Monien erityistehtävien kohdalla muut menetelmät hylättiin.[y] Syväoppimisen menestys perustui sekä laitteistoparannuksiin (nopeammat tietokoneet,[393] grafiikkaprosessoriyksiköt, pilvipalvelut[394]) ja pääsy-suuriin tietomääriin[395] (mukaan lukien kuratoidot tietojoukot,[394] (kuten ImageNet). Syväoppimisen menestys johti valtavaan kiinnostuksen ja rahoituksen kasvuun tekoälyä kohtaan.[ö] Koneoppimistutkimuksen määrä (mitattuna julkaisujen kokonaismäärällä) kasvoi 50 % vuosina 2015–2019.[350]

Vuonna 2016 oikeudenmukaisuuteen ja teknologian väärinkäyttöön liittyvät kysymykset nousivat koneoppimiskonferenssien keskiön, julkaisujen määrä kasvoi huomattavasti, rahoitusta tuli saataville ja monet tutkijat suunnasivat uransa uudelleen näihin kysymyksiin. Kohdistusongelmasta tuli vakava akateeminen alue.

2010-luvun lopulla ja 2020-luvun alussa tekoälyyritykset alkoivat toimittaa ohjelmia, jotka herättivät valtavasti kiinnostusta. Vuonna 2015 DeepMindin kehittämä AlphaGo voitti Go-maailmanmestarit. Ohjelma opetti vain pelin säännöt ja kehitti strategian itse. GPT-3 on OpenAI:n vuonna 2020 julkaisema laaja kielimalli, joka pystyy tuottamaan korkealaatuista ihmismäistä tekstiä.[396] ChatGPT, joka lanseerattiin 30. marraskuuta 2022, nousi historian nopeimmin kasvavaksi kuluttajaohjelmistoksi, ja sillä oli kahdessa kuukaudessa yli 100 miljoonaa käyttäjää.[397] Se merkitsi tekoälyn läpimurtovuotta, joka toi sen julkisuuteen.

tietoisuus.[398] Nämä ja muut ohjelmat inspiroivat aggressiivista tekoälybumuria, jossa suuret yritykset alkoivat investoida miljardeja dollareita tekoälytutkimukseen. AI Impactsin mukaan tekoälyyn investoitiin vuosittain noin 50 miljardia Yhdysvaltain dollaria vuoden 2022 tienoilla pelkästään Yhdysvalloissa, ja noin 20 % uusista Yhdysvaltain tietojenkäsittelytieteen tohtoreista on erikoistunut tekoälyyn.[399] Yhdysvalloissa oli vuonna 2022 noin 800 000 tekoälyyä työpaikkaa.[400] PitchBookin tutkimuksen mukaan 22 % vuonna 2024 rahoitetuista uusista startup-yrityksistä ilmoitti olevansa tekoälyyrityksiä.[401]



Google-hakujen määrä sanalla "tekoäly" kiihtyi vuonna 2022.

Filosofia

Filosofisissa keskusteluissa on historiallisesti pyritty selvittämään älykkyyden luonnetta ja sitä, miten älykkäitä koneita voidaan tehdä.[402] Toinen merkittävä painopiste on ollut se, voivatko koneet olla tietoisia, ja siihen liittyvät eettiset seuraukset.[403] Monet muut filosofian aiheet ovat tekoälyn kannalta relevantteja, kuten epistemologia ja vapaa tahti.[404] Nopea kehitys on kiihyttänyt julkista keskustelua tekoälyn filosofiasta ja etiikasta.[403]

Tekoälyn määrittely

Alan Turing kirjoitti vuonna 1950: "Aion pohtia kysymystä 'voivatko koneet ajatella'?"[405] Hänen neuvoi muuttamaan kysymyksen siitä, "ajatteleeko kone", kysymykseen "onko koneen mahdollista ajatella". Osoittaa älykästä käytöstä.[405] Hänen kehitti Turingin testin, joka mittaa koneen kykyä simuloida ihmisen käymää keskustelua.[369] Koska voimme tarkkailla vain koneen käyttäytymistä, sillä ei ole väliä, ajatteleeko se "oikeasti" vai onko sillä kirjaimellisesti "mieli". Turing huomauttaa, ettemme voi määrittää näitäasioita muista ihmisiä, mutta "on tavallista, että kaikki ajattelevat kohteliaasti".[406]

Russell ja Norvig ovat Turingin kanssa samaa mieltä siitä, että älykkys on määriteltävä ulkoisen käyttäytymisen, ei sisäisen rakenteen, perusteella.[1] He kuitenkin arvostelevat sitä, että testi vaatii koneelta ihmisten matkimista. He kirjoittivat: "Ilmailuteknikan tekstit eivät määrittele alan tavoitteeksi sellaisten koneiden valmistamista, jotka lentävät niin täsmälleen kuten kyyhkiset, että ne voivat huijata muita kyyhkysiä." [408] Tekoälyn perustaja John McCarthy oli samaa mieltä ja kirjoitti, että "tekoäly ei määritelmän mukaan ole ihmisen älykkyyden simulointia".[409]

McCarthy määrittelee älykkyyden "laskennalliseksi osaksi kykyä saavuttaa tavoitteita maailmassa".[410] Toinen tekoälyn perustaja, Marvin Minsky, kuvalee sitä samalla tavalla "kyvyksi ratkaista vaikeita ongelmia".[411] Johtava tekoälyoppikirja määrittelee sen tutkimukseksi agenteista, jotka havaitsevat ympäristönsä ja toimivat sen avulla.

—
jotka maksimoivat heidän mahdollisuutensa saavuttaa määritellyt tavoitteet.[1]

Nämä määritelmät tarkastelevat älykkyyttä hyvin määriteltyjen ongelmien ja hyvin määriteltyjen ratkaisujen kautta, joissa sekä ongelman vaikeus että ohelman suorituskyky ovat suoria mittoja koneen "älykkyydestä" – eikä muuta filosofista keskustelua tarvita tai se ei välttämättä ole edes mahdollaista.

Google on ottanut käyttöön toisen määritelmän,[412] merkittävä toimija tekoälyn alalla. Tämä määritelmä määrittelee järjestelmien kyvyn syntetisoida tietoa älykkyuden ilmentymänä, samalla tavalla kuin se määritellään biologisessa älykkyydessä.

Lukuisien liikkeellä olevien määritelmien seurauksena tutkijat ovat alkaneet kriittisesti analysoida ja järjestää itse tekoälykeskustelua.[413] Mukaan lukien keskustelu monista tekoälyyn liittyvistä kertomuksista ja myyteistä, joita löytyy yhteiskunnallisista, poliittisista ja akateemisista keskusteluista.[414] Samoin käytännössä jotkut kirjoittajat ovat esittäneet, että termiä 'tekoäly' käytetään usein liian laajasti ja epämääräisesti. Tämä herättää kysymyksen siitä, missä raja tulisi vetää tekoälyn ja klassisten algoritmien välille.[415] Monet yritykset käyttivät termiä markkinointisanana 2020-luvun alun tekoälybuumin aikana, usein vaikka ne "eivät itse asiassa käytäneet tekoälyä olennaisesti".[416]

On keskusteltu siitä, osoittavatko suuret kielimallit aitoa älykkyyttä vai simuloivatko ne sitä vain jäljittäjämällä ihmisen tekstiä.[417]

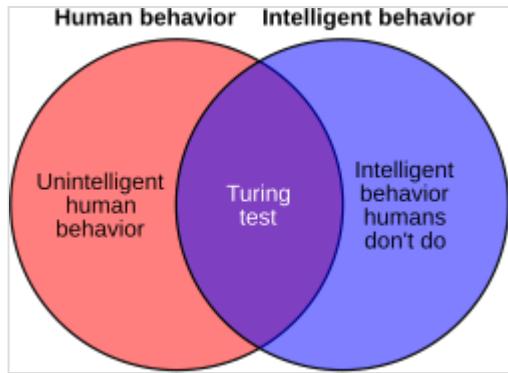
Tekoälyn lähestymistapojen arviointi

Mikään vakiintunut yhdistävä teoria tai paradigma ei ole ohjannut tekoälytutkimusta suurimman osan sen historiasta.[aa] Tilastollisen koneoppimisen ennennäkemätön menestys 2010-luvulla peittosi varjoonsa kaikki muut lähestymistavat (niin paljon, että jotkut lähtee, erityisesti liike-elämässä, käyttävät termiä "tekoäly" tarkoittamaan "koneoppimista neuroverkkojen avulla"). Tämä lähestymistapa on enimmäkseen subsymbolinen, pehmeä ja kapea-alainen. Kriitikot väittävät, että tulevien tekoälytutkijoiden sukupolvien on ehkä tarkasteltava näitä kysymyksiä uudelleen.

Symbolinen tekoäly ja sen rajat

Symbolinen tekoäly (tai "GOFAI")[419] simuloivat korkean tason tietoista päättelykykyä, jota ihmiset käyttävät ratkaistessaan pulmia, ilmaistessaan oikeudellista päättelyä ja tehessään matematiikkaa. He menestyivät erittäin hyvin "älykkäissä" tehtävissä, kuten algebrassa tai älykkystesteissä. 1960-luvulla Newell ja Simon esittivät fyysiseten symbolijärjestelmien hypoteesin: "Fyysisellä symbolijärjestelmällä on välttämättömät ja riittävät keinot yleiseen älylliseen toimintaan".[420]

Symbolinen lähestymistapa kuitenkin epäonnistui monissa tehtävissä, jotka ihmiset ratkaisevat helposti, kuten oppimisessa, esineen tunnistamisessa tai maalaajarjellä päättelyssä. Moravecin paradoksi on havainto, että korkean tason "älykkääät" tehtävät olivat tekoälylle helppoja, mutta matalan tason "vaistoon perustuvat" tehtävät olivat erittäin vaikeita.[421] Filosofi Hubert Dreyfus oli 1960-luvulta lähtien väittänyt, että ihmisen asiantuntemus riippuu tiedostamattomasta vaistosta pikemminkin kuin tietoisesta symbolien manipuloinnista, ja tilanteen "tuntemuksesta" pikemminkin kuin eksplisiittisestä symbolisesta tiedosta.[422] Vaikka hänen argumenttejaan oli pilkattu ja jätetty huomiotta, kun ne esitettiin ensimmäisen kerran, tekoälytutkimus lopulta yhti häneen.[ab][16]



Turingin testi voi tarjota jonkin verran näyttöä älykkyydestä, mutta se rankaisee ei-inhimillistä älykästä käyttäytymistä.[407]

Ongelma ei ole ratkaistu: subsymbolinen päättely voi tehdä monia samoja käsittämättömiä virheitä kuin ihmisen intuitio, kuten algoritmisen vinouman. Kriitikot, kuten Noam Chomsky, väittävät, että symbolisen tekoälyn jatkuva tutkimus on edelleen välittämätöntä yleisen älykkyyden saavuttamiseksi.[424][425] Osittain siksi, että subsymbolinen tekoäly on askel poispäin selitettäväissä olevasta tekoälystä: voi olla vaikeaa tai mahdotonta ymmärtää, miksi moderni tilastollinen tekoälyohjelma teki tietyn päätöksen. Nouseva neurosymbolisen tekoälyn ala pyrkii yhdistämään nämä kaksi lähestymistapaa.

Siisti vs. nuhjuinen

"Neats" toivoo, että älykästä käyttäytymistä kuvataan yksinkertaisilla, tyylikkällä periaatteilla (kuten logiikalla, optimoinnilla tai neuroverkoilla). "Scruffies" olettavat, että se vaatii välittämättä suuren määrän toisiinsa liittymättömien ongelmien ratkaisemista. Neats puolustaa ohjelmaan teoreettisella tarkkuudella, scruffies luottaa pääasiassa inkrementaaliseen testaukseen nähdäkseen, toimivatko ne. Tästä asiasta keskusteltiin aktiivisesti 1970- ja 1980-luvuilla,[426] mutta lopulta sitä pidettiin merkityksettömänä. Nykykaisessa tekoälyssä on elementtejä molemmista.

Pehmeä vs. kova laskenta

Todistettavasti oikean tai optimaalisen ratkaisun löytäminen on monissa tärkeissä ongelmissa vaikeaa.[15] Pehmeä-laskenta on joukko tekniikoita, mukaan lukien geneettiset algoritmit, sumea logiikka ja neuroverkot, jotka sietävät epätarkkuutta, epävarmuutta, osittaistotuutta ja approksimaatiota. Pehmeä laskenta otettiin käyttöön 1980-luvun lopulla, ja useimmat 2000-luvun menestyneimmät tekoälyohjelmat ovat esimerkkejä pehmeästä laskennasta neuroverkkojen avulla.

Kapea vs. yleinen tekoäly

Tekoälytutkijat ovat jakautuneet siitä, pitäisikö yleisen tekoälyn ja superälyn tavoitteita pyrkiä suoraan vai ratkaista mahdollisimman monta erityistä ongelmaa (kapea tekoäly) siinä toivossa, että nämä ratkaisut johtavat epäsuorasti alan pitkän aikavälin tavoitteisiin.[427][428] Yleistä älykkyyttä on vaikea määritellä ja mitata, ja nykyäikainen tekoäly on onnistunut paremmin todennettavissa olevissa asioissa keskittymällä tiettyihin ongelmiin ja niihin liittyviin ratkaisuihin. Yleisen tekoälyn osa-alue tutkii yksinomaan tästä aluetta.

Konetietoisuus, tietoisuus ja mieli

Mielenfilosofiassa ei ole vakiintunutta yksimielisyyttä siitä, voiko koneella olla mieli, tietoisuus ja mielentiloja samalla tavalla kuin ihmisiillä. Tämä kysymys käsittää koneen sisäisiä kokemuksia pikemminkin kuin sen ulkoista käyttäytymistä. Valtavirran tekoälytutkimus pitää tästä kysymystä merkityksettömänä, koska se ei vaikuta alan tavoitteisiin: rakentaa koneita, jotka pystyvät ratkaisemaan ongelmia älyn avulla. Russell ja Norvig lisäävät, että "lisäprojekti, jossa koneesta tehdään tietoinen täsmälleen samalla tavalla kuin ihmiset ovat, ei ole sellainen, johon meillä on valmiuksia." [429] Kysymyksestä on kuitenkin tullut keskeinen osa mielen filosofiaa. Se on tyypillisesti myös keskeinen kysymys tekoälyn tarkastelussa fiktiossa.

Tietoisuus

David Chalmers tunnisti kaksi mielen ymmärtämiseen liittyvää ongelmaa, jotka hän nimesi tietoisuuden "vaikeaksi" ja "helpoaksi" ongelmiksi.[430] Helppo ongelma on ymmärtää, miten aivot käsittelevät signaaleja, tekevät suunnitelmia ja ohjaavat käyttäytymistä. Vaikea ongelma on selittää, miten tämät tuntuvat miksi se

pitäisi tuntua miltään tahansa, olettaen, että olemme oikeassa ajatellessamme, että se todella tuntuu joltain (Dennettin tietoisuusillusionismi sanoo, että kyseessä on illusio). Vaikka ihmisen tiedonkäsittely on helppo selittää, ihmisen subjektiivista kokemusta on vaikea selittää. Esimerkiksi on helppo kuvitella värisokea henkilö, joka on oppinut tunnistamaan, mitkä näkökentässään olevat esineet ovat punaisia, mutta ei ole selvää, mitä henkilöltä vaadittaisiin tiedä miltä punainen näyttää.[431]

Laskennallisuus ja funktionalismi

Laskennallisuus on mielenfilosofian kanta, jonka mukaan ihmismielis on tiedonkäsittelyjärjestelmä ja ajattelu on laskennan muoto. Laskennallisuuden mukaan mielen ja kehon välinen suhde on samanlainen tai identtinen ohjelmiston ja laitteiston välisen suhteen kanssa ja voi siten olla ratkaisu mielen ja kehon väliseen ongelmaan. Tämä filosofinen kanta on saanut inspiraationsa tekoälytutkijoiden ja kognitiotieteilijöiden työstä 1960-luvulla, ja sen esittivät alun perin filosofit Jerry Fodor ja Hilary Putnam.[432]

Filosofi John Searle luonnehti tästä kantaa "vahvaksi tekoälyksi": "Oikein ohjelmoitulla tietokoneella, jolla on oikeat syötteet ja lähdöt, olisi siten mieli täsmälleen samalla tavalla kuin ihmisiä on mieli." [ac] Searle kyseenalaistaa tämän väitteen kiinalaisen huoneen argumentillaan, joka yrittää osoittaa, että edes tietokoneella, joka kykenee täydellisesti simuloimaan ihmisen käyttäytymistä, ei olisi mieltä.[436]

Tekoälyn hyvinvointi ja oikeudet

On vaikeaa tai mahdotonta luotettavasti arvioida, onko edistynyt tekoäly älykäs (kyky tuntea) ja jos on, missä määrin.[437] Mutta jos on merkittävä mahdollisuus, että tietty kone voi tuntea ja kärsiä, sillä voi olla oikeus tiettyihin oikeuksiin tai hyvinvointia suojaaviin toimenpiteisiin, samalla tavalla kuin eläimillä.[438][439] Älykkyyys (joukko korkeaan älykkyyteen liittyviä kykyjä, kuten erottelukyky tai itsetuntemus) voi tarjota toisen moraalisen perustan tekoälyn oikeuksille.[438] Röbottien oikeuksia ehdotetaan joskus myös käytännöllisenä tapana integroida autonomiset agentit yhteiskuntaan.[440]

Vuonna 2017 Euroopan unioni harkitsi "elektronisen persoonalisuuden" myöntämistä joillekin tehokkaimmille tekoälyjärjestelmille. Yritysten oikeudellisen aseman tavoin se olisi antanut oikeuksia, mutta myös velvollisuusia.[441] Kriitikit väittivät vuonna 2018, että tekoälyjärjestelmille oikeuksien myöntäminen vähätteli ihmisoikeuksien merkitystä ja että lainsäädännön tulisi keskittää käyttäjien tarpeisiin spekulatiivisten futurististen skenaarioiden sijaan. He totesivat myös, että roboteilla ei ole autonomiaa osallistua yhteiskunnan toimintaan omalla toiminnallaan. oma.[442][443]

Tekoälyn kehitys lisäsi kiinnostusta aihetta kohtaan. Tekoälyn hyvinvointia ja oikeuksia puolustavat väittävät usein, että tekoälyn tietoisuus, jos se ilmaantuu, olisi erityisen helppo kiertää. He varoittavat, että tämä voi olla moraalinen sokea piste, joka on verrattavissa orjuuteen tai tehdasviljelyyn ja voi johtaa laajamittaiseen kärsimykseen, jos älykästä tekoälyä luodaan ja sitä hyödynnetään huolimattomasti.[439][438]

Superäly ja singulaarisuus

Superäly on hypoteettinen olento, jolla olisi älykkyyttä, joka ylittää reilusti kirkkaimman ja lajhakkaimman ihmismielien älykkyyden.[428] Jos tekoälyn tutkimus tuottaisi riittävän älykästä ohjelmistoa, se saattaisi pystyä uudelleenohjelmoimaan ja parantamaan itseään. Parannettu ohjelmisto olisi vieläkin parempi parantamaan itseään, mikä johtaisi siihen, mitä IJ Good kutsui "älykkysräjähdyksi" ja Vernor Vinge "singulariteetiksi".[444]

Teknologiat eivät kuitenkaan voi kehittyä eksponentiaalisesti loputtomiaan, ja ne tyypillisesti seuraavat S-kirjaimen muotoista käyrää hidastuen, kun ne saavuttavat teknologian fyysisen kykyjen rajat.[445]

Transhumanismi

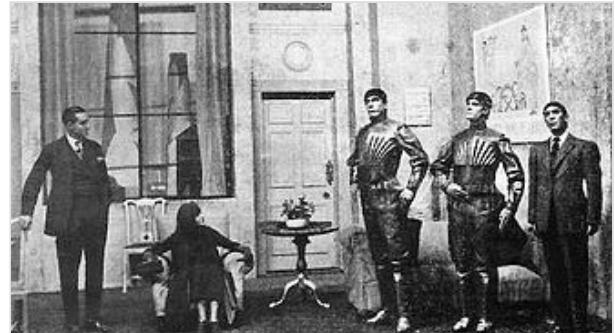
Robottisuunnittelija Hans Moravec, kyberneetikko Kevin Warwick ja keksijä Ray Kurzweil ovat ennustaneet, että ihmiset ja koneet saattavat tulevaisuudessa yhdistyä kyborgeiksi, jotka ovat kyvykkäämpää ja voimakkaampia kuin kumpikaan. Tällä transhumanismiksi kutsutulla ajatuksella on juuret Aldous Huxleyn ja Robert Ettingerin kirjoituksissa.[446]

Edward Fredkin väittää, että "tekoäly on evoluution seuraava askel", ajatuksen, jonka Samuel Butler esitti ensimmäisen kerran teoksessaan "Darwin among the Machines" jo vuonna 1863 ja jota George Dyson laajensi vuonna 1998 ilmestyneessä kirjassaan *Darwin koneiden joukossa: Globaalinen älykkyyden evoluutio*.[447]

Kaunokirjallisuudessa

Ajatteluksyisiä keinotekoisia olentoja on esiintynyt tarinankerronnan välineinä antiikin ajoista lähtien,[448] ja ovat olleet jatkuva teema tieteiskirjallisuudessa.[449]

Näissä teoksissa yleinen trope alkoi Mary Shelleyn teoksesta *Frankenstein*, jossa ihmisen luomuksesta tulee uhka isänille. Tähän sisältyvä esimerkiksi Arthur C. Clarken ja Stanley Kubrickin teokset *2001: Avaruusseikkailu* (molemmat 1968), HAL 9000:n, murhanhimoinen tietokoneen, kanssa, joka vastasi *Löytö Yksivaruusalus*, sekä *Terminatori* (1984) ja *Matriisi* (1999). Sitä vastoin harvinaiset uskolliset robotit, kuten *Gort Päivä, jona maapallo pysähtyi* (1951) ja piispa *Muukalaiset* (1986) ovat vähemmän näkyviä populaarikulttuurissa.[450]



Sanan "robotti" keksi Karel Čapek näytelmässään vuonna 1921. *Ruplaa, nimi*, joka tarkoittaa "Rossumin Universal Robots" -robottia.

Isaac Asimov esitti robotiikan kolme lakia monissa tarinoissa, erityisesti "Multivac"-superälykkään tietokoneen yhteydessä. Asimovin lakeja tuodaan usein esiin koneiden etiikasta käytävissä maallikkokeskusteluissa;[451] vaikka lähes kaikki tekoälyn tutkijat tuntevat Asimovin lait

populaarikulttuurissa he yleensä pitävät lakeja hyödyttöminä monista syistä, joista yksi on niiden monitulkintaisuus.[452]

Useissa teoksissa tekoälyä käytetään pakottamaan meidät kohtaamaan perustavanlaatuinen kysymys siitä, mikä tekee meistä ihmisiä, ja se näyttää meille keinotekoisia olentoja, joilla on kyky tuntea ja siten kärsiä. Tämä näkyy Karel Čapekin...ruplaa, elokuvat Tekoäly ja Ex Machina, sekä romaanin Näkevätkö Androidit unta sähkölampaista?, kirjoittanut Philip K. Dick. Dick pohtii ajatusta, että tekoälyn avulla luotu teknologia muuttaa ymmärrystämme ihmisen subjektiivisesta luonteesta.[453]

Katso myös

- Keinotekoinen tietoisuus – kognitiotieteen ala
- Tekoäly ja vaalit – Tekoälyn käyttö ja vaikutus poliittisiin vaaleihin Tekoälyn avulla
- Iuodun sisällön tunnistus – Ohjelmisto tekoon luoman sisällön havaitsemiseen
- Association for the Advancement of Artificial Intelligence (AAAI)
- Käyttäytymisen valinta-algoritmi – Algoritmi, joka valitsee toiminnot älykkäille agenteille
- Liiketoimintaprosessien automatisointi – Liiketoimintaprosessien automatisointi
- Tapausperusteinen päätely – Prosessi, jossa ratkaistaan uusia ongelmia samankaltaisten aiempien ongelmien ratkaisujen perusteella
- Laskennallinen älykkys – Tietokoneen kyky oppia tietty tehtävä datasta tai kokeellisesta havainnosta
- Digitaalinen kuolemattomuus – Hypoteettinen käsite persoonallisuuden tallentamisesta digitaaliseen muotoon
- Emergentti algoritmi – Algoritmi, joka osoittaa emergentiä käyttäytymistä
- Tekoälyteknologoiden sukupuolittuminen naisille – Sukupuolivinomat digitaalisessa teknologiassa
- Tekoälyn sanasto – Luettelo tekoälyn tutkimuksessa yleisesti käytettyjen termien ja käsitteiden määritelmistä
- Älykkyuden vahvistus – Tietotekniikan käyttö ihmisen älykkyden lisäämiseksi Älykäs
- agentti – Ohjelmistoagentti, joka toimii itsenäisesti
- Älykäs automaatio – Ohjelmistoprosessi, joka yhdistää robottiprosessiautomaation ja tekoälyn
- Luettelo tekoälyalan julkaisuista
- Luettelo tekoälyprojekteista
- Mielen lataaminen – hypoteettinen prosessi aivojen digitaalisesta jäljittelystä
- Organoidäly – Aivosolujen ja aivoorganoidien käyttö älykkääseen laskentaan Robottiprosessien
- automatisointi – Liiketoimintaprosessien automatisointiteknologian muoto
- Viimeinen päivä–1967 Walesilainen tieteisromaani Wetware-tietokone
 - – Orgaanisesta materiaalista valmistettu tietokone
- DARWIN EU - Euroopan lääkeviraston (EMA) koordinoima Euroopan unionin aloite, jonka tavoitteena on tuottaa ja hyödyntää tosielämän näyttöä lääkkeiden arvioinnin ja valvonnan tukemiseksi kaikkialla EU:ssa.
- Tekoäly Wikimedia-projekteissa - Tekoälyn käyttö Wikipedian ja muiden Wikimedia-projektien kehittämisesä
- Tekoälyn luoma sisältö Wikipediassa - Tekoälyn käyttö artikkeliin tai tekstin luomiseen Wikipediassa

Selittävät huomautukset

- a. Tämä älykkäiden ominaisuuksien luettelo perustuu tärkeimpien tekölyoppikirjojen aiheisiin, mukaan lukien Russell & Norvig (2021), Luger & Stubblefield (2004), Poole, Mackworth & Goebel (1998) ja Nilsson (1998).
- b. Tämä työkaluluettelo perustuu tärkeimpien tekölyoppikirjojen aiheisiin, mukaan lukien Russell & Norvig (2021), Luger & Stubblefield (2004), Poole, Mackworth & Goebel (1998) ja Nilsson (1998).
- c. Se on yksi syy siihen, miksi asiantuntijajärjestelmät osoittautuvat tehottomiksi tiedon keräämisessä.[30][31]
- d. "Rationaalinen agentti" on yleistermi, jota käytetään taloustieteessä, filosofiassa ja teoreettisessa tekölyssä. Se voi viitata mihin tahansa, joka ohjaa käyttäytymistään tavoitteiden saavuttamiseksi, kuten henkilöön, eläimeen, yritykseen, kansakuntaan tai tekölyn tapauksessa tietokoneohjelmaan.
- e. Alan Turing käsitteli oppimisen keskeisyttä jo vuonna 1950 klassisessa artikkelissaan "Tietokonetekniikka ja älykkyys".[42] Vuonna 1956, alkuperäisessä Dartmouthin tekölyn kesäkonferenssissa, Ray Solomonoff kirjoitti raportin ohjaamattomasta probabilistisesta koneoppimisesta: "Induktioinen päättelykone".[43]
- f. Katso tekölyn talvi § Konekäänös ja ALPAC-raportti vuodelta 1966
- g. Symboliseen logiikkaan verrattuna muodollinen Bayes-päättely on laskennallisesti kallista. Jotta päättely olisi hallittavissa, useimpien havaintojen on oltava ehdollisesti riippumattomia toisistaan. AdSense käyttää yli 300 miljoonan reunan Bayes-verkkoa oppiakseen, mitkä mainokset palvelevaan.[94]
- h. Odotusarvon maksimointi, yksi koneoppimisen suosituimmista algoritmeista, mahdollistaa klusteroinnin tuntemattomien piilevien muuttujien läsnä ollessa.[96]
- i. Syviä neuroverkkoja (ilman erityistä oppimisalgoritmia) kuvasivat: Warren S. McCulloch ja Walter Pitts (1943).[117] Alan Turing (1948);[118] Karl Steinbuch ja Roger David Joseph (1961). [119] Syvät tai toistuvat verkostot, jotka oppivat (tai käyttivät gradienttilaskeutumista), kehittivät: Frank Rosenblatt (1957);[118] Oliver Selfridge (1959);[119] Aleksei Ivakhnenko ja Valentin Lapa (1965);[120] Kaoru Nakano (1971);[121] Shun-Ichi Amari (1972);[121] John Joseph Hopfield (1982).[121] Takaisinlevityksen edeltäjiä kehittivät: Henry J. Kelley (1960);[118] Arthur E. Bryson (1962);[118] Stuart Dreyfus (1962);[118] Arthur E. Bryson ja Yu-Chi Ho (1969);[118] Takaisinlevityksen kehittivät itsenäisesti: Seppo Linnainmaa (1970);[122] Paul Werbos (1974).[118]
- j. Geoffrey Hinton sanoi 1990-luvulla neuroverkkojen parissa tekemästään työstä: "Merkitsemämme tietojoukkomme olivat tuhansia kertoja liian pieniä. [Ja] tietokoneemme olivat miljoonia kertoja liian hitaita." [123]
- k. Tilastoissa harha on systemaattinen virhe tai poikkeama oikeasta arvosta. Mutta oikeudenmukaisuuden yhteydessä se viittaa taipumukseen tietyn ryhmän tai yksilön ominaisuuden puolesta tai sitä vastaan, yleensä tavalla, jota pidetään epäreiluna tai haitallisena. Tilastollisesti harhaton tekölyjärjestelmä, joka tuottaa erilaisia tuloksia eri väestöryhmille, voi siis olla pidetään eettisessä mielessä puolueellisena.[263]
- l. Mukana Jon Kleinberg (Cornellin yliopisto), Sendhil Mullainathan (Chicagan yliopisto), Cynthia Chouldechova (Carnegie Mellon) ja Sam Corbett-Davis (Stanford).[272]
- m. Moritz Hardt (Max Planck -instituutin älykkäiden järjestelmien johtaja) väittää, että koneoppiminen "on pohjimmiltaan väärä työkalu monille aloille, joilla yritetään suunnitella interventioita ja mekanismeja, jotka muuttavat maailmaa." [277]
- n. Kun laki hyväksyttiin vuonna 2018, se sisälsi edelleen jonkinlaisen tämän säännöksen.
- o. Tämä on Yhdistyneiden Kansakuntien määritelmä, ja se sisältää myös esimerkiksi maamiinat.[291]

- s. Katso taulukko 4; 9 % on sekä OECD:n että Yhdysvaltojen keskiarvo.[302]—
- q. Joskus kutsutaan "robopokalypsiksi"[310]—
- r. "Elektroninen aivot" oli termi, jota lehdistö käytti tähän aikaan.[365][367]—
- s. Daniel Crevier kirjoitti: "Konferenssia pidetään yleisesti uuden tieteen virallisena syntymäpäivänä." [370] Russell ja Norvig kutsuivat konferenssia "tekoälyn alkuvaiheeksi". [117] —
- t. Russell ja Norvig kirjoittivat: "Seuraavien 20 vuoden ajan alaa hallitsivat nämä ihmiset ja heidän oppilaansa." [371] —
- u. Russell ja Norvig kirjoittivat: "Oli hämmästyttävä aina, kun tietokone teki mitään älykästä". [372] —
- v. Kuvatut ohjelmat ovat Arthur Samuelin IBM 701:lle kehittämä shakkiohjelma, Daniel Bobrow'n STUDENT, Newellin ja Simonin Logic Theorist sekä Terry Winogradin SHRDLU.
- w. Russell ja Norvig kirjoittavat: "Lähes kaikissa tapauksissa nämä varhaiset järjestelmät epäonnistuivat vaikeampien ongelmien ratkaisemisessa" [376] —
- x. Kehittyneet lähestymistavat tekoälyyn [383] Hans Moravecin johdolla [384] ja Rodney Brooks [385] ja sitä-kutsuttiin monella nimellä: Nouvelle AI. [385] Kehitysrobotiikka. [386] —
- y. Matteo Wong kirjoitti The Atlanticissa: "Kun vuosikymmenten ajan tietojenkäsittelytieteen alat, kuten luonnonlisen kielen käsittely, konenäkö ja robotiikka, käyttivät erittäin erilaisia menetelmiä, nyt ne kaikki käyttävät ohjelointimenetelmää nimeltä 'syväoppiminen'. Tämän seurauksena niiden koodista ja lähestymistavoista on tullut samankaltaisempia, ja niiden malleja on helpompi integroida." toisiinsa." [392] —
- z. Jack Clark kirjoitti Bloombergissa: "Puolen vuosikymmenen hiljaisten tekoälyn läpimurtojen jälkeen vuosi 2015 on ollut merkittävä. Tietokoneet ovat älykkäämpiä ja oppivat nopeammin kuin koskaan", ja huomautti, että koneoppimista hyödyntävien ohjelmistoprojektien määrä Googlen käyttö kasvoi "satunnaisesta" käytöstä vuonna 2012 yli 2 700 projektiin vuonna 2015. [394] —
- aa. Nils Nilsson kirjoitti vuonna 1983: "Yksinkertaisesti sanottuna alalla on laajaa erimielisyyttä siitä, mitä tekoäly kyse on kaikesta." [418] —
- ab. Daniel Crevier kirjoitti, että "aika on osoittanut joidenkin tarkkuuden ja havaintokyvyn" Dreyfusin kommentit. Jos hän olisi muotoillut ne vähemmän aggressiivisesti, rakentavat toimet olisivat olleet ehdotettu olisi voitu tehdä paljon aikaisemmin. [423] —
- ac. Searle esitti tämän "vahvan tekoälyn" määritelmän vuonna 1999. [433] Searlen alkuperäinen koostumus oli "Oikein ohjelmoitu tietokone on todellakin mieli siinä mielessä, että oikeilla ohjelmilla varustettujen tietokoneiden voidaan kirjaimellisesti sanoa ymmärtävän ja omaavan muita kognitiivisia toimintoja." osavaltiot. [434] Russell ja Norvig määrittelevät vahvan tekoälyn samalla tavalla: "Vahva tekoäly – väite, että koneet, jotka tekevät niin, ovat *todella* ajattelu (toisin kuin *simuloointia* ajattelu)." [435] —

Viitteet

1. Russell & Norvig (2021), s. 1–4.
2. Tekoälyn odotetaan ylittävän ihmisen aivokapasiteetin (<http://www.cnn.com/2006/TECH/science/07/24/ai.bostrom/>) Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20080219001624/http://www.cnn.com/2006/TECH/science/07/24/ai.bostrom/>) 19.2.2008 Wayback Machinessa CNN.com (26. heinäkuuta 2006)
3. Kaplan, Andreas; Haenlein, Michael (2019). "Siri, Siri, kädessäni: Kuka on maan kaunein? Tekoälyn tulkinnoista, kuvituksista ja seurauskirjista". *Liike-toiminnan horisontit*. 62: 15–25. doi:10.1016/j.bushor.2018.08.004 (<https://doi.org/10.1016%2Fj.bushor.2018.08.004>). ISSN 0007-6813 (<https://search.worldcat.org/issn/0007-6813>). S2CID 158433736 (<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:158433736>).
4. Russell ja Norvig (2021, §1.2).

5. "Teknologiayritykset haluavat rakentaa tekoälyä. Mutta kuka päättää, milloin tekoäly saavutetaan?" (<https://apnews.com/article/agi-artificial-general-intelligence-existential-risk-metaopenai-deepmind-science-ff5662a056d3cf3c5889a73e929e5a34>). *AP-uutiset* 4. huhtikuuta 2024. Haettu 20. toukokuuta 2025.
6. Dartmouthin työpaja: *Russell & Norvig* (2021, s. 18), *McCorduck* (2004, s. 111–136), *NRC* (1999, s. 200–201)
Ehdotus: *McCarthy* ym. (1955)
7. 1960-luvun menestyneitä ohjelmia: *McCorduck* (2004, s. 243–252), *Crevier* (1993, s. 52–107), *Moravec* (1988, s. 9), *Russell & Norvig* (2021, s. 19–21)
8. Rahoitusaloitteet 1980-luvun alussa: *Fifth Generation Project* (Japani), *Alvey* (Iso-Britannia), *Microelectronics and Computer Technology Corporation* (Yhdysvallat), *Strategic Computing Initiative* (Yhdysvallat): *McCorduck* (2004, s. 426–441), *Crevier* (1993, s. 161–162, 197–203, 211, 240), *Russell & Norvig* (2021, s. 23), *NRC* (1999, s. 210–211), *Newquist* (1994, s. 235–248)
9. Ensimmäinen tekoälyn talvi, *Lighthillin raportti*, *Mansfieldin lisäys*: *Crevier* (1993, s. 115–117), *Russell & Norvig* (2021, s. 21–22), *NRC* (1999, s. 212–213), *Howe* (1994), *Newquist* (1994, s. 189–201)
10. Toinen tekoälytalvi: *Russell & Norvig* (2021, s. 24), *McCorduck* (2004, s. 430–435), *Crevier* (1993, s. 209–210), *NRC* (1999, s. 214–216), *Newquist* (1994, s. 301–318)
11. Syväoppimisen vallankumous, *AlexNet*: *Goldman* (2022), *Russell & Norvig* (2021, s. 26), *McKinsey* (2018)
12. *Toews* (2023).
13. Ongelmanratkaisu, pulmien ratkaiseminen, pelaaminen ja päätely: *Russell & Norvig* (2021, luku 3–5), *Russell & Norvig* (2021, luku 6) (rajoitteiden tyydyttäminen), *Poole, Mackworth & Goebel* (1998, luvut 2, 3, 7, 9), *Luger & Stubblefield* (2004, luvut 3, 4, 6, 8), *Nilsson* (1998, luvut 7–12)
14. Epävarma päätely: *Russell & Norvig* (2021, luvut 12–18), *Poole, Mackworth & Goebel* (1998, s. 345–395), *Luger & Stubblefield* (2004, s. 333–381), *Nilsson* (1998, luvut 7–12)
15. Hankaluus ja tehokkuus sekä kombinatorinen räjähdys: *Russell & Norvig* (2021, s. 21)
16. Psykologinen näyttö subsymbolisen päätelyn ja tiedon yleisyydestä: *Kahneman* (2011), *Dreyfus & Dreyfus* (1986), *Wason & Shapiro* (1966), *Kahneman, Slovic & Tversky* (1982)
17. Tiedon esittäminen ja tiedon insinöörityö: *Russell & Norvig* (2021, luku 10), *Poole, Mackworth & Goebel* (1998, s. 23–46, 69–81, 169–233, 235–277, 281–298, 319–345), *Luger & Stubblefield* (2004, s. 227–243), *Nilsson* (1998, luvut 17.1–17.4, 18)
18. *Smoliar ja Zhang* (1994).
19. *Neumann ja Möller* (2008).
20. *Kuperman, Reichley ja Bailey* (2006).
21. *McGarry* (2005).
22. *Bertini, Del Bimbo & Torniai* (2006).
23. *Russell & Norvig* (2021), s. 272.
24. Kategorioiden ja relatioiden esittäminen: Semantiset verkostot, kuvailulogikka, periytyminen (mukaan lukien kehykset ja skriptit): *Russell & Norvig* (2021, §10.2 & 10.5), *Poole, Mackworth & Goebel* (1998, s. 174–177), *Luger & Stubblefield* (2004, s. 248–258), *Nilsson* (1998, luku 18.3)
25. Tapahtumien ja ajan esittäminen: *tilannelaskenta*, *tapahtumalaskenta*, *sujuva laskenta* (mukaan lukien viitekehysen ratkaiseminen): *Russell & Norvig* (2021, §10.3), *Poole, Mackworth & Goebel* (1998, s. 281–298), *Nilsson* (1998, luku 18.2)
26. *Kausaalilaskenta*: *Poole, Mackworth & Goebel* (1998, s. 335–337)
27. Tiedon esittäminen tiedosta: *Uskomuslaskenta*, *modaalilogiikka*: *Russell & Norvig* (2021, §10.4), *Poole, Mackworth & Goebel* (1998, s. 275–277)

28. Oletuspäättely, viitekehysongelma, oletuslogiikka, ei-monotoniset logiikat, ympäripiirto, suljetun maailman oletus, abduktio: Russell & Norvig (2021, §10.6), Poole, Mackworth & Goebel (1998, s. 248–256, 323–335), Luger & Stubblefield (2004, s. 335–363), Nilsson (1998, ~18.3.3) (Pooleym. sijoittaa sieppauksen "oletusperustelun" piiriin. Lugerym.luokittelee tämän "epävarman päättelyn" luokkaan).
29. Maalaisjärjen tiedon laajuus: Lenat & Guha (1989, johdanto), Crevier (1993, s. 113–114), Moravec (1988, s. 13), Russell & Norvig (2021, s. 241, 385, 982) (karsintaongelma)
30. Newquist (1994), s. 296.
31. Crevier (1993), sivut 204–208.
32. Russell & Norvig (2021), s. 528.
33. Automatisoitu suunnittelu: Russell & Norvig (2021, luku 11).
34. Automatisoitu päätöksenteko, Päätösteoria: Russell & Norvig (2021, luvut 16–18).
35. Klassinen suunnittelu: Russell & Norvig (2021, luku 11.2).
36. Anturiton tai "konformantti" suunnittelu, ehdollinen suunnittelu, uudelleensuunnittelu (eli verkkosuunnittelu): Russell & Norvig (2021, kohta 11.5).
37. Epävarmat mieltymykset: Russell & Norvig (2021, luku 16.7) Käänteinen vahvistusoppiminen: Russell & Norvig (2021, luku 22.6)
38. Informaatioarvoteoria: Russell & Norvig (2021, luku 16.6).
39. Markovin päätöksentekoprosessi: Russell & Norvig (2021, luku 17).
40. Peliteoria ja moniagenttipäätösteoria: Russell & Norvig (2021, luku 18).
41. Oppiminen: Russell & Norvig (2021, luvut 19–22), Poole, Mackworth & Goebel (1998, s. 397–438), Luger & Stubblefield (2004, s. 385–542), Nilsson (1998, luvut 3.3, 10.3, 17.5, 20)
42. Turing (1950).
43. Solomonoff (1956).
44. Ohjaamaton oppiminen: Russell & Norvig (2021, s. 653) (määritelmä), Russell & Norvig (2021, s. 738–740) (klusterianalyysi), Russell & Norvig (2021, s. 846–860) (sanojen upottaminen)
45. Ohjattu oppiminen: Russell & Norvig (2021, §19.2) (Määritelmä), Russell & Norvig (2021, luvut 19–20) (Tekniikat)
46. Vahvistusoppiminen: Russell & Norvig (2021, luku 22), Luger & Stubblefield (2004, s. 442–449)
47. Siirto-oppiminen: Russell & Norvig (2021, s. 281), The Economist (2016)
48. "Tekoäly (AI): Mikä on tekoäly ja miten se toimii? | Sisäänrakennettu" (<https://builtin.com/artificial-intelligence>). builtin.com Haettu 30. lokakuuta 2023.
49. Laskennallinen oppimisteoria: Russell & Norvig (2021, s. 672–674), Jordan & Mitchell (2015)
50. Luonnollisen kielen käsitteily (NLP): Russell & Norvig (2021, luvut 23–24), Poole, Mackworth & Goebel (1998, s. 91–104), Luger & Stubblefield (2004, s. 591–632)
51. NLP:n osaongelmia: Russell & Norvig (2021, s. 849–850)
52. Russell & Norvig (2021), s. 856–858.
53. Dickson (2022).
54. Nykykäiset tilastolliset ja syväoppimisen lähestymistavat NLP:hen: Russell & Norvig (2021, luku 24), Cambria & White (2014)
55. Vincent (2019).
56. Russell & Norvig (2021), s. 875–878.
57. Bushwick (2023).

58. Konenäkö: Russell & Norvig (2021, luku 25), Nilsson (1998, luku 6)
59. Russell & Norvig (2021), s. 849–850.
60. Russell & Norvig (2021), s. 895–899.
61. Russell & Norvig (2021), s. 899–901.
62. Challa ym. (2011).
63. Russell & Norvig (2021), s. 931–938.
64. MIT AIL (2014).
65. Affektiivinen tietojenkäsittely: Thro (1993), Edelson (1991), Tao & Tan (2005), Scassellati (2002)
66. Waddell (2018).
67. Poria ym. (2017).
68. Yleinen teköäly: Russell & Norvig (2021, s. 32–33, 1020–1021) Ehdotus moderniksi versioksi: Pennachin & Goertzel (2007)
Johtavien tutkijoiden varoitukset teköällyn ylierikoistumisesta: Nilsson (1995), McCarthy (2007), Beal & Winston (2009)
69. Hakualgoritmit: Russell & Norvig (2021, luvut 3–5), Poole, Mackworth & Goebel (1998, s. 113–163), Luger & Stubblefield (2004, s. 79–164, 193–219), Nilsson (1998, luvut 7–12)
70. Tila-avaruuden haku: Russell & Norvig (2021, luku 3)
71. Russell & Norvig (2021), luku 11.2.
72. Tietoon perustumattomat haut (leveyshaku, syvyyshaku ja yleinen tila-avaruushaku): Russell & Norvig (2021, luku 3.4), Poole, Mackworth & Goebel (1998, s. 113–132), Luger & Stubblefield (2004, s. 79–121), Nilsson (1998, luku 8)
73. Heuristiset tai tietoon perustuvat haut (esim. ahne paras ensin ja A*): Russell & Norvig (2021, osio 3.5), Poole, Mackworth & Goebel (1998, s. 132–147), Poole & Mackworth (2017, lahko). 3.6), Luger & Stubblefield (2004, s. 133–150)
74. Kontradiktoriainen haku: Russell & Norvig (2021, luku 5)
75. Paikallinen eli "optimointihaku": Russell & Norvig (2021, luku 4)
76. Singh Chauhan, Nagesh (18. joulukuuta 2020). "Optimointialgoritmit neuroverkoissa" (<https://www.kdnuggets.com/optimization-algorithms-in-neural-networks>). *KDnuggetsHaettu* 13. tammikuuta 2024.
77. Evoluutiolaskenta: Russell & Norvig (2021, luku 4.1.2)
78. Merkle & Middendorf (2013).
79. Logiikka: Russell & Norvig (2021, luvut 6–9), Luger & Stubblefield (2004, s. 35–77), Nilsson (1998, luvut 13–16)
80. Lauselogiikka: Russell & Norvig (2021, luku 6), Luger & Stubblefield (2004, s. 45–50), Nilsson (1998, luku 13)
81. Ensimmäisen asteen logiikka ja ominaisuudet, kuten yhtäläisyys: Russell & Norvig (2021, luku 7), Poole, Mackworth & Goebel (1998, s. 268–275), Luger & Stubblefield (2004, s. 50–62), Nilsson (1998, luku 15)
82. Looginen päätty: Russell & Norvig (2021, luku 10)
83. looginen päätty etsintänä: Russell & Norvig (2021, osiot 9.3, 9.4), Poole, Mackworth & Goebel (1998, s. ~46–52), Luger & Stubblefield (2004, s. 62–73), Nilsson (1998, luku 4.2, 7.2)
84. Päätöslauselma ja yhdistäminen: Russell & Norvig (2021, osiot 7.5.2, 9.2, 9.5)
85. Warren, DH; Pereira, LM; Pereira, F. (1977). "Prolog - kieli ja sen toteutus verrattuna Lispiin". *ACM SIGPLAN -ilmoitukset*. 12(8): 109–115. doi:10.1145/872734.806939 (<https://doi.org/10.1145%2F872734.806939>).
86. Sumuinen logiikka: Russell & Norvig (2021, s. 214, 255, 459), *Scientific American* (1999)

87. Stokastiset menetelmät epävarmaan päätelyyn: Russell & Norvig (2021, luvut 12–18, 20), Poole, Mackworth & Goebel (1998, s. 345–395), Luger & Stubblefield (2004, s. 165–191, 333–381), Nilsson (1998, luku 19)
88. päätösteoria ja päätösanalyysi: Russell & Norvig (2021, luvut 16–18), Poole, Mackworth & Goebel (1998, s. 381–394)
89. Informaatioarvotearia: Russell & Norvig (2021, luku 16.6)
90. Markov-päätösprosessit ja dynaamiset päätöksentekoverkot: Russell & Norvig (2021, luku 17)
91. Stokastiset temporaaliset mallit: Russell & Norvig (2021, luku 14) Piilotettu Markov-malli: Russell & Norvig (2021, luku 14.3) Kalman-suodattimet: Russell & Norvig (2021, luku 14.4) Dynaamiset Bayes-verkot: Russell & Norvig (2021, luku 14.5)
92. Peliteoria ja mekanismien suunnittelu: Russell & Norvig (2021, luku 18)
93. Bayes-verkot: Russell & Norvig (2021, osiot 12.5–12.6, 13.4–13.5, 14.3–14.5, 16.5, 20.2–20.3), Poole, Mackworth & Goebel (1998, s. 361–381), Luger & Stubblefield (2004, s. ~182–190, ≈363–379), Nilsson (1998, s. 19.3–19.4)
94. Domingos (2015), luku 6.
95. Bayesilainen päätelyalgoritmi: Russell & Norvig (2021, osio 13.3–13.5), Poole, Mackworth & Goebel (1998, s. 361–381), Luger & Stubblefield (2004, s. ~363–379), Nilsson (1998, luvut 19.4 & 7)
96. Domingos (2015), s. 210.
97. Bayesilainen oppiminen ja odotusarvo-maksimointialgoritmi: Russell & Norvig (2021, luku 20), Poole, Mackworth & Goebel (1998, s. 424–433), Nilsson (1998, luku 20), Domingos (2015, s. 210)
98. Bayesilainen päätösteoria ja Bayesilaiset päätösverkot: Russell & Norvig (2021, osio 16.5)
99. Tilastolliset oppimismenetelmät ja luokittelijat: Russell & Norvig (2021, luku 20),
100. Ciaramella, Alberto; Ciaramella, Marco (2024). *Johdatus tekoälyyn: data-analyysistä generatiiviseen tekoälyyn* Intellisemantic Editions. ISBN 978-8-8947-8760-3.
101. Päätöspuut: Russell & Norvig (2021, osio 19.3), Domingos (2015, s. 88)
102. Ei-parametriset oppimismallit, kuten K-lähimmän naapurin ja tukivektorikoneet: Russell & Norvig (2021, kohta 19.7), Domingos (2015, s. 187) (k-lähimmän naapurin malli)
- Domingos (2015, s. 88) (ytimen menetelmät)
103. Domingos (2015), s. 152.
104. Naiivi Bayes-luokittelija: Russell & Norvig (2021, osio 12.6), Domingos (2015, s. 152)
105. Neuroverkot: Russell & Norvig (2021, luku 21), Domingos (2015, luku 4)
106. Gradienttilaskenta laskennallisissa graafeissa, takaisinpropagaatio, automaattinen derivointi: Russell & Norvig (2021, luku 21.2), Luger & Stubblefield (2004, s. 467–474), Nilsson (1998, luku 3.3)
107. Universaali approksimaatiolause: Russell & Norvig (2021, s. 752) Lause: Cybenko (1988), Hornik, Stinchcombe & White (1989)
108. Eteenpäin syöttävät neuroverkot: Russell & Norvig (2021, luku 21.1)
109. Perseptronit: Russell & Norvig (2021, s. 21, 22, 683, 22)
110. Syväoppiminen: Russell & Norvig (2021, luku 21), Goodfellow, Bengio & Courville (2016), Hintzman (2016), Schmidhuber (2015)
111. Rekurrentit neuroverkot: Russell & Norvig (2021, luku 21.6)
112. Konvoluutiohermoverkot: Russell & Norvig (2021, luku 21.3)

113. Sindhu V, Nivedha S, Prakash M (helmikuu 2020). "Empiirinen tieteellinen tutkimus bioinformatiikasta koneoppimisessa" (<https://doi.org/10.26782%2Fjmcms.spl.7%2F2020.02.00006>). *Jatkuvien ja matemaattisten tieteiden mekanikan lehti*(7). doi:[10.26782/jmcms.spl.7/2020.02.00006](https://doi.org/10.26782/jmcms.spl.7/2020.02.00006) (<https://doi.org/10.26782%2Fjmcms.spl.7%2F2020.02.00006>).
114. Deng & Yu (2014), s. 199–200.
115. Ciresan, Meier & Schmidhuber (2012).
116. Russell & Norvig (2021), s. 750.
117. Russell & Norvig (2021), s. 17.
118. Russell & Norvig (2021), s. 785.
119. Schmidhuber (2022), luku 5.
120. Schmidhuber (2022), luku 6.
121. Schmidhuber (2022), luku 7.
122. Schmidhuber (2022), luku 8.
123. Lainattu Christian-teoksessa (2020, s. 22)
124. Metz, Cade; Weise, Karen (5. toukokuuta 2025). "Tekoälyhallusinaatiot pahenevat, vaikka uudet järjestelmät tehostuvat" (<https://www.nytimes.com/2025/05/05/technology/ai-hallucinations-chatgpt-google.html>). *New York Times*. ISSN 0362-4331 (<https://search.worldcat.org/issn/0362-4331>). Haettu 6. toukokuuta 2025.
125. Smith (2023).
126. "Selitys: Generatiivinen tekoäly" (<https://news.mit.edu/2023/explained-generative-ai-1109>). 9. marraskuuta 2023.
127. "Tekoälyn perustuvat kirjoittamis- ja sisällöntuotantotyökalut" (<https://mitsloanedtech.mit.edu/ai/tools/writing>). *MIT Sloanin opetus- ja oppimisteknologiatArkistoitu* (<https://web.archive.org/web/20231225232503/https://mitsloanedtech.mit.edu/ai/tools/writing/>) alkuperäisestä 25. joulukuuta 2023. Haettu 25. joulukuuta 2023.
128. Marmouyet (2023).
129. Kobielsus (2019).
130. Thomason, James (21. toukokuuta 2024). "Mojo Rising: Tekoälykeskeisten ohjelmointikielten paluu" (<https://venturebeat.com/ai/mojo-rising-the-resurgence-of-ai-first-programming-languages>). *VentureBeatArkistoitu* (<https://web.archive.org/web/20240627143853/https://venturebeat.com/ai/mojo-rising-the-resurgence-of-ai-first-programming-languages/>) alkuperäisestä 27. kesäkuuta 2024. Haettu 26. toukokuuta 2024.
131. Wodecki, Ben (5. toukokuuta 2023). "7 tekoälyohjelmointikieltä, jotka sinun on tiedettävä" (<https://aibusness.com/verticals/7-ai-programming-languages-you-need-to-know>). *TekoälyliiketoimintaArkistoitu* (<https://web.archive.org/web/20240725164443/https://aibusness.com/verticals/7-ai-ohjelmointikilet>) alkuperäisestä 25. heinäkuuta 2024. Haettu 5. lokakuuta 2024.
132. Plumb, Taryn (18. syyskuuta 2024). "Miksi Jensen Huang ja Marc Benioff näkevät 'jättimäisen' mahdollisuuden agenttisessa tekoälyssä" (<https://venturebeat.com/ai/why-jensen-huang-and-marc-benioff-s-ee-gigantic-opportunity-for-agentic-ai/>). *VentureBeatArkistoitu* (<https://web.archive.org/web/20241005165649/https://venturebeat.com/ai/why-jensen-huang-and-marc-benioff-see-gigan-tic-opportunity-for-agentic-ai/>) alkuperäisestä 5. lokakuuta 2024. Haettu 4. lokakuuta 2024.
133. Mims, Christopher (19. syyskuuta 2020). "Huangin laki on uusi Mooren laki ja selittää, miksi Nvidia haluaa käsivarren" (<https://www.wsj.com/articles/huang-laws-new-moor-law-explains-why-nvidia-wants-arm-11600488001>). *Wall Street Journal*. ISSN 0099-9660 (<https://search.worldcat.org/issn/0099-9660>). Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20231002080608/https://www.wsj.com/articles/huang-laws-new-moor-law-explains-why-nvidia-wants-arm-11600488001>) alkuperäisestä 2. lokakuuta 2023. Haettu 19. tammikuuta 2025.

134. Davenport, T; Kalakota, R (kesäkuu 2019). "Tekoälyn potentiaali terveydenhuollossa" (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6616181>). *Tulevaisuuden terveys*.**6**(2): 94–98. doi:10.7861/futurehosp.6-2-94 (<https://doi.org/10.7861%2Ffuturehosp.6-2-94>). PMC 6616181 (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6616181>). PMID 31363513 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31363513>).
135. Lyakhova, UA; Lyakhov, PA (2024). "Ihosyövän havaitsemis- ja luokittelumenetelmien systemaattinen tarkastelu tekoälyn avulla: Kehitys ja tulevaisuudennäkymät" (<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0010482524008278>). *Tietokoneet biologiassa ja lääketieteessä*.**178**108742. doi:10.1016/j.combiomed.2024.108742 (<https://doi.org/10.1016%2Fj.combiomed.2024.108742>). PMID 38875908 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38875908>). Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20241203172502/https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0010482524008278>) alkuperäisestä 3. joulukuuta 2024. Haettu 10. lokakuuta 2024.
136. Alqudaihi, Kawther S.; Aslam, Nida; Khan, Irfan Ullah; Almuhaideb, Abdullah M.; Alsunaidi, Shikah J.; Ibrahim, Nehad M. Abdel Rahman; Alhaidari, Fahd A.; Shaikh, Fatema S.; Alsenbel, Yasmine M.; Alalharith, Dima M.; Alharthi, Hajar M.; Alghamdi, Wejdan M.; Alshahrani, Mohammed S. (2021). "Yskänäänテン havaitseminen ja diagnosointi tekoälytekniikkoiden avulla: haasteet ja mahdollisuudet" (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8545201>). *IEEE-käyttööikeus*.**9**: 102327–102344. Bibliokoodi: 2021IEEEA...9j2327A (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2021IEEEA...9j2327A>). doi:10.1109/ACCESS.2021.3097559 (<https://doi.org/10.1109%2FACCESS.2021.3097559>). ISSN 2169-3536 (<https://search.worldcat.org/issn/2169-3536>). PMC 8545201 (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8545201>). PMID-tunnus 34786317 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34786317>).
137. Bax, Monique; Thorpe, Jordan; Romanov, Valentin (joulukuu 2023). "Personoidun sydän- ja verisuonilääketieteen tulevaisuus vaatii 3D- ja 4D-tulostusta, kantasoluja ja tekoälyä" (<https://doi.org/10.3389%2Ffsens.2023.1294721>). *Antureiden rajaseudut*.**4** 1294721. doi:10.3389/fsens.2023.1294721 (<https://doi.org/10.3389%2Ffsens.2023.1294721>). ISSN 2673-5067 (<https://search.worldcat.org/issn/2673-5067>).
138. Dankwa-Mullan, Irene (2024). "Terveyden oikeudenmukaisuus ja eettiset näkökohdat tekoälyn käytössä kansanterveydessä ja lääketieteessä" (https://www.cdc.gov/pcd/issues/2024/24_0245.htm). *Kroonisten sairauksien ehkäisy*.**21**240245: E64. doi:10.5888/pcd21.240245 (<https://doi.org/10.5888%2Fpcd21.240245>). ISSN 1545-1151 (<https://search.worldcat.org/issn/1545-1151>). PMC 11364282 (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC11364282>). PMID-tunnus 39173183 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39173183>).
139. Jumper, J; Evans, R; Pritzel, A (2021). "Erittäin tarkka proteiinirakenteen ennustaminen AlphaFoldilla" (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8371605>). *Luonto*.**596**(7873): 583–589. Bibliokoodi: 2021Natur.596..583J (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2021Natur.596..583J>). doi:10.1038/s41586-021-03819-2 (<https://doi.org/10.1038%2Fs41586-021-03819-2>). PMC 8371605 (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8371605>). PMID 34265844 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34265844>).
140. "Tekoäly löysi uuden antibioottiluokan lääkeresistenttien bakteerien tappamiseksi" (<https://www.newscientist.com/article/2409706-ai-discovers-new-class-of-antibiotics-to-kill-drug-resistant-bacteria/>). 20. joulukuuta 2023. Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20240916014421/https://www.newscientist.com/article/2409706-ai-discovers-new-class-of-antibiotics-to-kill-drug-resistant-bacteria/>) alkuperäisestä 16. syyskuuta 2024. Haettu 5. lokakuuta 2024.
141. "Tekoäly nopeuttaa Parkinsonin taudin lääkesuunnittelua kymmenkertaisesti" (<https://www.cam.ac.uk/research/news/a-i-speeds-up-drug-design-for-parkinsons-ten-fold>). Cambridgen yliopisto. 17. huhtikuuta 2024. Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20241005165755/https://www.cam.ac.uk/research/news/a-i-speeds-up-drug-design-for-parkinsons-ten-fold>) alkuperäisestä 5. lokakuuta 2024. Haettu 5. lokakuuta 2024.

142. Horne, Robert I.; Andzejewska, Ewa A.; Alam, Parvez; Brotzakis, Z. Faidon; Srivastava, Ankit; Aubert, Alice; Nowinska, Magdalena; Gregory, Rebecca C.; Staats, Roxine; Possenti, Andrea; Chia, Sean; Sormanni, Pietro; Ghetti, Bernardino; Caughey, Byron; Knowles, Tuomas PJ; Vendruscolo, Michele (17. huhtikuuta 2024). "Tehokkaiden α-synukleinin aggregaation estäjien löytäminen rakennepohjaisen iteratiivisen oppimisen avulla" (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC11062903>). *Luonnon kemiallinen biologia*. **20**(5). Luonto: 634–645. doi:10.1038/s41589-024-01580-x (<https://doi.org/10.1038/s41589-024-01580-x>). PMC 11062903 (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC11062903>). PMID-tunnus 38632492 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38632492>).
143. Grant, Eugene F.; Lardner, Rex (25. heinäkuuta 1952). "Kaupungin puheenaihe – Se" (<https://www.newyorker.com/magazine/1952/08/02/it>). *The New Yorker*. ISSN 0028-792X (<https://search.worldcat.org/issn/0028-792X>). Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20200216034025/https://www.newyorker.com/magazine/1952/08/02/it>) alkuperäisestä 16. helmikuuta 2020. Haettu 28. tammikuuta 2024.
144. Anderson, Mark Robert (11. toukokuuta 2017). "Kaksikymmentä vuotta Deep Bluen ja Kasparovin välisestä ottelusta: kuinka shakkioittelu aloitti suuren datavallankumouksen" (<https://theconversation.com/twenty-years-on-from-deep-blue-vs-kasparov-how-a-chess-match-started-the-big-data-revolution-76882>). *Keskustelu* Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20240917000827/https://theconversation.com/twenty-years-on-from-deep-blue-vs-kasparov-how-a-chess-match-started-the-big-data-revolution-76882>) alkuperäisestä 17. syyskuuta 2024. Haettu 28. tammikuuta 2024.
145. Markoff, John (16. helmikuuta 2011). "Tietokone voittaa 'Jeopardy!'-pelissä: Triviaalia, ei kuitenkaan" (<https://www.nytimes.com/2011/02/17/science/17jeopardy-watson.html>). *New York Times*. ISSN 0362-4331 (<https://search.worldcat.org/issn/0362-4331>). Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20141022023202/http://www.nytimes.com/2011/02/17/science/17jeopardy-watson.html>) alkuperäisestä 22. lokakuuta 2014. Haettu 28. tammikuuta 2024.
146. Byford, Sam (27. toukokuuta 2017). "AlphaGo lopettaa kilpailullisen Go-uransa voitettuaan maailmanlistan ykkösen 3–0" (<https://www.theverge.com/2017/5/27/15704088/alphago-ke-jie-game-3-re-sult-retires-future>). *The Verge* Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20170607184301/https://www.theverge.com/2017/5/27/15704088/alphago-ke-jie-game-3-result-retires-future>) alkuperäisestä 7. kesäkuuta 2017. Haettu 28. tammikuuta 2024.
147. Brown, Noam; Sandholm, Tuomas (30.8.2019). "Superhuman AI for multiplayer poker" (<https://www.science.org/doi/10.1126/science.aay2400>). *Tiede*. **365**(6456): 885–890. Bibliokoodi: 2019Sci...365..885B (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2019Sci...365..885B>). doi:10.1126/science.aay2400 (<https://doi.org/10.1126/science.aay2400>). ISSN 0036-8075 (<https://search.worldcat.org/issn/0036-8075>). PMID 31296650 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31296650>).
148. "MuZero: Go-shakin, shogin ja Atarin hallitseminen ilman sääntöjä" (<https://deepmind.google/diagram/blog/muzero-mastering-go-chess-shogi-and-atari-without-rules>). *Google DeepMind* 23. joulukuuta 2020. Haettu 28. tammikuuta 2024.
149. Sample, Ian (30. lokakuuta 2019). "Tekoälystä tulee suurmestari 'pirullisen monimutkaisessa' StarCraft II:ssa" (<https://www.theguardian.com/technology/2019/oct/30/ai-becomes-grandmaster-in-fiendishly-complex-starcraft-ii>). *The Guardian*. ISSN 0261-3077 (<https://search.worldcat.org/issn/0261-3077>). Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20201229185547/https://www.theguardian.com/technology/2019/oct/30/ai-becomes-grandmaster-in-fiendishly-complex-starcraft-ii>) alkuperäisestä 29. joulukuuta 2020. Haettu 28. tammikuuta 2024.
150. Wurman, PR; Barrett, S.; Kawamoto, K. (2022). "Syvällisen vahvistusoppimisen avulla voita kilpajossa Gran Turismon mestarikuljettajia" (<https://www.researchsquare.com/article/rs-795954/latest.pdf>) (PDF). *Luonto*. **602**(7896): 223–228. Bibliokoodi: 2022Natur.602..223W (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2022Natur.602..223W>). doi:10.1038/s41586-021-04357-7 (<https://doi.org/10.1038/s41586-021-04357-7>). PMID 35140384 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35140384>).

151. Wilkins, Alex (13. maaliskuuta 2024). "Googlen tekoäly oppii pelaamaan avoimen maailman videopelejä katsomalla niitä" (<https://www.newscientist.com/article/2422101-google-ai-learns-to-play-open-world-video-games-by-watching-them>). *Uusi tiedemies* Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20240726182946/https://www.newscientist.com/article/2422101-google-ai-learns-to-playopen-world-video-games-by-watching-them/>) alkuperäisestä 26. heinäkuuta 2024. Haettu 21. heinäkuuta 2024.
152. Wu, Zhengxuan; Arora, Aryaman; Wang, Zheng; Geiger, Atticus; Jurafsky, Dan; Manning, Christopher D.; Potts, Christopher (2024). "ReFT: Kielimallien esitysten hienosäättö". *NeurIPS* arXiv:2404.03592 (<https://arxiv.org/abs/2404.03592>).
153. "Matemaattisen päättelyn parantaminen prosessinohjauksella" (<https://openai.com/index/improving-mathematical-reasoning-with-process-supervision/>). *OpenAI* 1. toukokuuta 2023. Haettu 26. tammikuuta 2025.
154. Srivastava, Saurabh (29. helmikuuta 2024). "Toiminnalliset vertailuarvot päättelykyvyn vankkaan arviointiin ja päättelyaukseen". arXiv:2402.19450 (<https://arxiv.org/abs/2402.19450>) [cs.AI (<https://arxiv.org/archive/cs.AI>)].
155. Lightman, Hunter; Kosaraju, Vineet; Burda, Yura; Edwards, Harri; Baker, Bowen; Lee, Teddy; Leike, Jan; Schulman, John; Sutskever, Ilya; Cobbe, Karl (2023). "Tarkistetaan askel askeleelta". arXiv:2305.20050v1 (<https://arxiv.org/abs/2305.20050v1>) [cs.LG (<https://arxiv.org/archive/cs.LG>)].
156. Franzen, Carl (8. elokuuta 2024). "Alibaba lunastaa ykkössijan tekoälyn matemaattisissa malleissa Qwen2-Mathilla" (<https://venturebeat.com/ai/alibaba-claims-no-1-spot-in-ai-math-models-with-qwen2-math/>). *VentureBeat* Haettu 16. helmikuuta 2025.
157. Franzen, Carl (9. tammikuuta 2025). "Microsoftin uusi rStar-Math-teknikka päivittää pieniä malleja pähittämään OpenAI:n o1-esikatselun matemaattisissa ongelmissa" (<https://venturebeat.com/ai/microsofts-new-rstar-math-technique-upgrades-small-models-to-outperform-openais-o1-previe-with-math-problems/>). *VentureBeat* Haettu 26. tammikuuta 2025.
158. Gina Genkina: *Uusi tekoälymalli vie eteenpäin "suuteluongelmaa" ja paljon muuta. AlphaEvolve teki useita matemaattisia löytöjä ja käytännön optimointeja.* (<https://spectrum.ieee.org/deep-mind-alphaevolve?>) IEEE-spektri 14.5.2025. Haettu 7.6.2025
159. Roberts, Siobhan (25. heinäkuuta 2024). "Tekoäly saavutti hopeamitalin tason ratkaistessaan kansainvälisten matematiikan olympialaisten tehtäviä" (<https://www.nytimes.com/2024/07/25/science/ai-math-alphaproof-deepmind.html>). *New York Times* Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20240926131402/https://www.nytimes.com/2024/07/25/science/ai-math-alphaproof-deepmind.html>) alkuperäisestä 26. syyskuuta 2024. Haettu 7. elokuuta 2024.
160. Azerbajev, Zhangir; Schoelkopf, Hailey; Paster, Keiran; Santos, Marco Dos; McAleer', Stephen; Jiang, Albert Q.; Deng, Jia; Biderman, Stella; Welleck, Sean (16. lokakuuta 2023). "Llemma: Matematiikan avoin kielimalli" (<https://blog.eleuther.ai/llemma/>). *EleutherAI-blogi* Haettu 26. tammikuuta 2025.
161. "Julius AI" (<https://julius.ai/home/ai-math>). *julius.ai*.
162. Metz, Cade (21. heinäkuuta 2025). "Googlen tekoälyjärjestelmä voitti kultamitalin kansainvälisissä matematiikan olympialaisissa" (<https://www.nytimes.com/2025/07/21/technology/google-ai-international-mathematics-olympiad.html>). *New York Times*. ISSN 0362-4331 (<https://search.worldcat.org/issn/0362-4331>). Haettu 24. heinäkuuta 2025.
163. McFarland, Alex (12. heinäkuuta 2024). "8 parasta tekoälyä matematiikkatyökaluille (tammikuu 2025)" (<https://www.unite.ai/best-ai-for-math-tools/>). *Unite.AI* Haettu 26. tammikuuta 2025.
164. Matthew Finio & Amanda Downie: IBM Think 2024 -johdanto, "Mitä on tekoäly (AI) rahoituksesta?" 8. joulukuuta 2023

165. M. Nicolas, J. Firzli: Pensions Age / European Pensions -lehti, "Artificial Intelligence: Ask the Industry", touko-kesäkuu 2024. <https://videovoice.org/ai-in-finance-innovationentrepreneurship-vs-over-regulation-with-the-eus-artificial-intelligence-act-wont-work-as-intended/> Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20240911125502/https://videovoice.org/ai-in-finance-innovation-entrepreneurship-vs-over-regulation-with-the-eus-artificial-intelligenceact-wont-work-as-intended/>) 11. syyskuuta 2024 Wayback Machinessa.
166. Kongressin tutkimuspalvelu (2019). *Tekoäly ja kansallinen turvallisuus* (<https://fas.org/sgp/crs/natsec/R45178.pdf>) (PDF). Washington, DC: Kongressin tutkimuslaitos Palvelu. Arkistoitu (https://web.archive.org/web/20200508062631/https://fas.org/sgp/crs/nats_ec/R45178.pdf) (PDF) alkuperäisestä 8. toukokuuta 2020. Haettu 25. helmikuuta 2024. PDnotice
167. Slyusar, Vadym (2019). Tekoäly tulevaisuuden ohjausverkkojen perustana (Preprint). doi:10.13140/RG.2.2.30247.50087 (<https://doi.org/10.13140%2FRG.2.2.30247.5 0087>).
168. Irakilainen, Amjad (3. huhtikuuta 2024). "'Lavender': Tekoälykone ohjaa Israelin pommitusoperaatiota Gazassa" (<https://www.972mag.com/lavender-ai-israeli-army-gaza/.+972-lehti>) Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/202410022042/https://www.972mag.com/lavender-ai-israeliarmy-gaza/>) alkuperäisestä 10. lokakuuta 2024. Haettu 6. huhtikuuta 2024.
169. Davies, Harry; McKernan, Bethan; Sabbagh, Dan (1. joulukuuta 2023). "'Evangelium': miten Israel käyttää teköälyä pommituskohteiden valitsemiseen Gazassa" (<https://www.theguardian.com/world/2023/dec/01/the-gospel-how-israel-uses-ai-to-select-bombing-targets>). *The Guardian* Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20231206213901/https://www.theguardian.com/world/2023/dec/01/the-gospel-how-israel-uses-ai-to-select-bombing-targets>) alkuperäisestä 6. joulukuuta 2023. Haettu 4. joulukuuta 2023.
170. Marti, J Werner (10. elokuuta 2024). "Drohnen haben den Krieg in der Ukraine revolutioniert, doch sie sind empfindlich auf Störsender – deshalb sollen sie jetzt autonom operieren" (<https://www.nzz.ch/international/die-ukraine-setzt-auf-drohnen-die-autonom-tovigieren-und-fi-koennen-ld.1838731>). *Neue Zürcher Zeitung* (saksaksi). Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20240810054043/https://www.nzz.ch/international/die-ukraine-setzt-auf-drohnen-di-e-autonom-navigieren-und-toeten-koennen-ld.1838731>) 1. elokuuta 2010. 4. elokuuta 2000. Elokuu 2024.
171. Newsom, Gavin; Weber, Shirley N. (5. syyskuuta 2023). "Toimeenpanomääräys N-12-23" (https://www.gov.ca.gov/wp-content/uploads/2023/09/AI-EO-No.12-_-GGN-Signed.pdf) (PDF). Kalifornian osavaltion toimeenpanovirasto. Arkistoitu (https://web.archive.org/web/20240221222035/https://www.gov.ca.gov/wp-content/uploads/2023/09/AI-EO-No.12_-GGN-Signed.pdf) (PDF) alkuperäisestä 21. helmikuuta 2024. Haettu 7. syyskuuta 2023.
172. Pinaya, Walter HL; Graham, Mark S.; Kerfoot, Eric; Tudosiu, Petru-Daniel; Dafflon, Jessica; Fernandez, Virginia; Sanchez, Pedro; Wolleb, Julia; da Costa, Pedro F.; Patel, Ashay (2023). "Generatiivinen teköäly lääketieteelliseen kuvantamiseen: MONAI-kehyn laajentaminen". arXiv:2307.15208 (<https://arxiv.org/abs/2307.15208>) [eess.IV (<https://arxiv.org/archive/eess.IV>)].
173. "Mitä ovat ChatGPT, DALL-E ja generatiivinen teköäly?" (<https://www.mckinsey.com/featured-insights/mckinsey-explainers/what-is-generative-ai>). McKinsey Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20230423114030/https://www.mckinsey.com/featured-insights/mckinsey-explainers/whatis-generative-ai>) alkuperäisestä 23. huhtikuuta 2023. Haettu 14. joulukuuta 2024.
174. "Mitä on generatiivinen teköäly?" (<https://www.ibm.com/topics/generative-ai>). IBM. 22. maaliskuuta 2024. Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20241213143644/https://www.ibm.com/topics/generative-ai>) alkuperäisestä 13. joulukuuta 2024. Haettu 13. joulukuuta 2024.

175. Pasick, Adam (27. maaliskuuta 2023). "Tekoälyn sanasto: Neuroverkot ja muut termit selitettyinä" (<https://www.nytimes.com/article/ai-artificial-intelligence-glossary.html>). *New York Times*. ISSN 0362-4331 (<https://search.worldcat.org/issn/0362-4331>). Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20230901183440/https://www.nytimes.com/article/aiartificial-intelligence-glossary.html>) alkuperäisestä 1. syyskuuta 2023. Haettu 22. huhtikuuta 2023.
176. Karpathy, Andrej; Abbeel, Pieter; Brockman, Greg; Chen, Peter; Cheung, Vicki; Duan, Yan; Hyvä kaveri, Ian; Kingma, Durk; Ho, Jonathan; Rein Houthooft; Tim Salimans; John Schulman; Ilya Sutskever; Wojciech Zaremba (16. kesäkuuta 2016). "Generatiiviset mallit" (<https://openai.com/research/generative-models>). OpenAI. Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20231117151617/https://openai.com/research/generative-models>) alkuperäisestä 17. marraskuuta 2023. Haettu 15. maaliskuuta 2023.
177. Griffith, Erin; Metz, Cade (27. tammikuuta 2023). "Anthropicin kerrotaan olevan keräämässä 300 miljoonaa dollaria uutta tekoälyrahoitusta" (<https://www.nytimes.com/2023/01/27/technology/anthropic-ai-funding.html>). *New York Times* Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20231209074235/https://www.nytimes.com/2023/01/27/technology/anthropic-ai-funding.html>) alkuperäisestä 9. joulukuuta 2023. Haettu 14. maaliskuuta 2023.
178. Lanxon, Nate; Bass, Dina; Davalos, Jackie (10. maaliskuuta 2023). "Lukionselvitys tekoälyn muotisanoista ja niiden merkityksistä" (<https://news.bloomberglaw.com/tech-and-telecom-law/aceheat-sheet-to-ai-buzzwords-and-their-meanings-quicktake>). *Bloomberg-uutiset* Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20231117140835/https://news.bloomberglaw.com/tech-and-telecom-laki/huijaussheet-ai:lle-sanomalehdet-ja-niiden-merkitykset-nopea-yhteenveto>) alkuperäisestä 17. marraskuuta 2023. Haettu 14. maaliskuuta 2023.
179. Metz, Cade (14. maaliskuuta 2023). "OpenAI aikoo nostaa panoksia teknologian tekoälykilpailussa" (<https://www.nytimes.com/2023/03/14/technology/openai-gpt4-chatgpt.html>). *New York Times*. ISSN 0362-4331 (<https://search.worldcat.org/issn/0362-4331>). Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20230331011258/https://www.nytimes.com/2023/03/14/technology/openai-gpt4-chatgpt.html>) alkuperäisestä 31. maaliskuuta 2023. Haettu 31. maaliskuuta 2023.
180. Thoppilan, Romal; De Freitas, Daniel; Hall, Jamie; Shazeer, Noam; Kulshreshtha, Apoorv (20. tammikuuta 2022). "LaMDA: Kielimallit dialogisovelluksiin". arXiv:2201.08239 (<https://arxiv.org/abs/2201.08239> [cs.CL] (<https://arxiv.org/archive/cs.CL>)).
181. Roose, Kevin (21. lokakuuta 2022). "Generatiivisen tekoälyn julkistamisjuhlat, Piilaakson uusi vilttys" (<https://www.nytimes.com/2022/10/21/technology/generative-ai.html>). *New York Times* Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20230215010524/https://www.nytimes.com/2022/10/21/technology/generative-ai.html>) alkuperäisestä 15. helmikuuta 2023. Haettu 14. maaliskuuta 2023.
182. Metz, Cade (15. helmikuuta 2024). "OpenAI esittelee tekoälyn, joka tuottaa välittömästi silmiä hivaleviä videoita" (<https://www.nytimes.com/2024/02/15/technology/openai-sora-videos.html>). *New York Times*. ISSN 0362-4331 (<https://search.worldcat.org/issn/0362-4331>). Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20240215220626/https://www.nytimes.com/2024/02/15/technology/openai-sora-videos.html>) alkuperäisestä 15. helmikuuta 2024. Haettu 16. helmikuuta 2024.
183. Fink, Charlie. "LTX-video rikkoo 60 sekunnin rajan ja määrittelee tekoälyvideon uudelleen pitkäkestoisena medianaa" (<https://www.forbes.com/sites/charliefink/2025/07/16/ltx-video-breaks-the-60-sekunnin-este-joka-määrittelee-tekoälyvideon-uudelleen-pitkäkestoisena-medianaa/>). *Forbes* Haettu 24. heinäkuuta 2025.
184. "Tekoäylaboratorioiden kilpailu kiihtyy" (<https://www.economist.com/business/2023/01/30/the-race-of-the-ai-labs-heats-up>). *The Economist*. 30. tammikuuta 2023. Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20231117162947/https://www.economist.com/business/2023/01/30/the-race-of-the-ai-labs-heats-up>) alkuperäisestä 17. marraskuuta 2023. Haettu 14. maaliskuuta 2023.

185. Yang, June; Gokturk, Burak (14. maaliskuuta 2023). "Google Cloud tuo generatiivisen teköälyn kehittäjille, yrityksille ja hallituksille" (<https://cloud.google.com/blog/products/ai-machine-learning/generative-ai-for-businesses-and-governments>). Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20231117160059/https://cloud.google.com/blog/products/ai-machine-learning/generative-ai-for-businesses-and-governments>) alkuperäisestä 17. marraskuuta 2023. Haettu 15. maaliskuuta 2023.
186. "Generatiivisen teköälyn transformatiivinen vaikutus ohjelmistokehitykseen ja laatutekniikkaan" (<https://www.unite.ai/the-transformative-impact-of-generative-ai-on-software-development-and-quality-engineering/>). *Unite.AI*. 17. heinäkuuta 2024. Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20250410183502/https://www.unite.ai/the-transformative-impact-of-generative-ai-on-software-development-and-quality-engineering/>) alkuperäisestä 10. huhtikuuta 2025. Haettu 10. huhtikuuta 2025.
187. Raza, Marium M.; Venkatesh, Kaushik P.; Kvedar, Joseph C. (7. maaliskuuta 2024). "Generatiivinen teköäly ja suuret kielimallit terveydenhuollossa: toteutuspolkuja" (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10920625>). *npj Dигитальная здравоохранение*. 7(1): 62. doi:10.1038/s41746-023-00988-4 (<https://doi.org/10.1038%2Fs41746-023-00988-4>). ISSN 2398-6352 (<https://search.worldcat.org/issn/2398-6352>). PMC 10920625 (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10920625>). PMID 38454007 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38454007>).
188. Mogaji, Emmanuel (7. tammikuuta 2025). "Kuinka generatiivinen teköäly mullistaa rahoituspalveluita – ja mitä se tarkoittaa asiakkaille" (<https://theconversation.com/how-generative-ai-is-transforming-financial-services-and-what-it-means-for-customers-246649>). *Keskustelu* Haettu 10. huhtikuuta 2025.
189. Bean, Thomas H. Davenport ja Randy (19. kesäkuuta 2023). "Generatiivisen teköälyn vaikutus Hollywoodiin ja viihteeseen" (<https://sloanreview.mit.edu/article/the-impact-of-generative-ai-on-hollywood-and-entertainment>). *MIT Sloan Management Review* Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20240806231801/https://sloanreview.mit.edu/article/the-impact-of-generative-ai-on-hollywood-and-entertainment>) alkuperäisestä 6. elokuuta 2024. Haettu 10. huhtikuuta 2025.
190. Brynjolfsson, Erik; Li, Danielle; Raymond, Lindsey R. (huhtikuu 2023), *Generatiivinen teköäly työssä* (<https://www.nber.org/papers/w31161>) (työpaperi), Työpaperisarja, doi:10.3386/w31161 (<https://doi.org/10.3386%2Fw31161>), arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20240328004237/https://www.nber.org/papers/w31161>) alkuperäisestä 28. maaliskuuta 2024, haettu 21. tammikuuta 2024
191. "Älä vielä pelkää teköälyn aiheuttamaa työpaikkojen tuhoa" (<https://www.economist.com/business/2023/03/06/dont-fear-an-ai-induced-jobs-apocalypse-just-yet>). *The Economist*. 6. maaliskuuta 2023. Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20231117160744/https://www.economist.com/business/2023/03/06/dont-fear-an-ai-induced-jobs-apocalypse-just-yet>) alkuperäisestä 17. marraskuuta 2023. Haettu 14. maaliskuuta 2023.
192. Coyle, Jake (27. syyskuuta 2023). "Hollywood-käsikirjoittajien taistelussa teköälyä vastaan ihmiset voittavat (toistaiseksi)" (<https://apnews.com/article/hollywood-ai-strike-wga-artificial-intelligence-39ab72582c3a15f77510c9c30a45ffc8>). *AP-uutiset* Associated Press. Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20240403060904/https://apnews.com/article/hollywood-ai-strike-wga-artificial-intelligence-39ab72582c3a15f77510c9c30a45ffc8>) alkuperäisestä 3. huhtikuuta 2024. Haettu 26. tammikuuta 2024.
193. Harreis, H.; Koulias, T.; Roberts, Roger. "Generatiivinen teköäly: Muodin tulevaisuuden avaaminen" (<https://www.mckinsey.com/industries/retail/our-insights/generative-ai-unlocking-the-future-of-fashion>). Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20231117160809/https://www.mckinsey.com/industries/retail/our-insights/generative-ai-unlocking-the-future-of-fashion>) alkuperäisestä 17. marraskuuta 2023. Haettu 14. maaliskuuta 2023.

194. "Kuinka generatiivinen tekoäly voi lisätä ihmisen luovuutta" (<https://hbr.org/2023/07/how-generative-ai-can-augment-human-creativity>). *Harvard Business Review*. 16. kesäkuuta 2023. ISSN 0017-8012 (<https://search.worldcat.org/issn/0017-8012>). Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20230620073042/https://hbr.org/2023/07/how-generative-ai-can-augment-human-creativity>) alkuperäisestä 20. kesäkuuta 2023. Haettu 20. kesäkuuta 2023.
195. "Tekoälyllä on ympäristöongelma. Tässä on mitä maailma voi tehdä asialle" (<https://www.unep.org/news-and-stories/story/ai-has-environmental-problem-heres-what-world-can-do-about>). www.unep.org 21. syyskuuta 2024. Haettu 20. elokuuta 2025.
196. Poole, David; Mackworth, Alan (2023). *Tekoäly, laskennallisten agenttien perusteet* (<https://doi.org/10.1017/9781009258227>) (3. painos). Cambridge University Press. doi:10.1017/9781009258227 (<https://doi.org/10.1017%2F9781009258227>). ISBN 978-1-0092-5819-7. Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20241005165650/https://www.cambridge.org/highereducation/books/artificial-intelligence/C113F6CE284AB00F5489EBA5A59B93B7#overview>) alkuperäisestä 5. lokakuuta 2024. Haettu 5. lokakuuta 2024.
197. Russell, Stuart; Norvig, Peter (2020). *Tekoäly: moderni lähestymistapa* (4. painos). Pearson. ISBN 978-0-1346-1099-3.
198. "Miksi agentit ovat generatiivisen tekoälyn seuraava rajaseutu" (<https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/why-agents-are-the-next-frontier-of-generative-ai>). *McKinsey Digital*. 24. heinäkuuta 2024. Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20241003212335/https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/why-agents-are-the-next-frontier-of-generative-ai>) alkuperäisestä 3. lokakuuta 2024. Haettu 10. elokuuta 2024.
199. "Copilot-haun esittely Bingissä" (<https://blogs.bing.com/search/April-2025/Introducing-Copilot-Search-in-Bing>). blogs.bing.com 4. huhtikuuta 2025.
200. Peters, Jay (14. maaliskuuta 2023). "Bing-tekoälybotti on salaa käyttänyt GPT-4:ää" (<https://www.theverge.com/2023/3/14/23639928/microsoft-bing-chatbot-ai-gpt-4-llm>). *The Verge* Haettu 31. elokuuta 2025.
201. "Microsoft 365 Copilotin tietoturva" (<https://learn.microsoft.com/en-us/copilot/microsoft-365/microsoft-365-copilot-ai-security>). learn.microsoft.com.
202. O'Flaherty, Kate (21. toukokuuta 2025). "Googlen tekoälyn yleiskatsaukset – kaikki mitä sinun tarvitsee tietää" (<http://www.forbes.com/sites/kateoflahertyuk/2025/05/21/google-ai-overviews-everything-you-tiedon-tarve/>). *Forbes*.
203. "Generatiivinen tekoäly haussa: Anna Googlen tehdä haku puolestasi" (<https://blog.google/products/search/generative-ai-google-search-may-2024/>). *Google* 14. toukokuuta 2024.
204. Figueiredo, Mayara Costa; Ankrah, Elizabeth; Powell, Jacquelyn E.; Epstein, Daniel A.; Chen, Yunan (12. tammikuuta 2024). "Tekoälyn tukema: Tekoälyn kuvausten vaikutusten tarkastelu hedelmällisyden seurantasovelluksista saatuihin havaintoihin" (<https://dl.acm.org/doi/10.1145/3631414>). *ACM:n julkaisut interaktiivisista, mobiili-, puettavista ja kaikkialla läsnä olevista teknologioista*. 7 (4): 1–24. doi:10.1145/3631414 (<https://doi.org/10.1145%2F3631414>).
205. Power, Jennifer; Pym, Tinonee; James, Alexandra; Waling, Andrea (5. heinäkuuta 2024). "Älykkäät seksilelut: Narratiivinen katsaus viimeaikaiseen tutkimukseen kulttuurisista, terveyteen ja turvallisuuteen liittyvistä näkökohdista" (<https://doi.org/10.1007%2Fs11930-024-00392-3>). *Ajankohtaiset seksuaaliterveysraportit*. 16(3): 199–215. doi:10.1007/s11930-024-00392-3 (<https://doi.org/10.1007%2Fs11930-024-00392-3>). ISSN 1548-3592 (<https://search.worldcat.org/issn/1548-3592>).

206. Marcantonio, Tiffany L.; Avery, Gracie; Thrash, Anna; Leone, Ruschelle M. (10. syyskuuta 2024). "Suuret kielimallit sovelluksessa: kvalitatiivisen synteettisen datan tutkimuksen suorittaminen" *Analyysi siitä, miten Snapchatin "Oma tekoäly" vastaa kysymyksiin seksuaalisesta suostumuksesta, seksuaalisista kieltäytymisistä, seksuaalisesta väkivallasta ja sekstailusta* (<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00224499.2024.2396457>). *Sekstitutkimuksen lehti*: 1–15. doi:10.1080/00224499.2024.2396457 (<https://doi.org/10.1080%2F00224499.2024.2396457>). ISSN 0022-4499 (<https://search.worldcat.org/issn/0022-4499>). PMC 11891083. PMID 39254628 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39254628>). Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20241209185843/https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00224499.2024.2396457>) alkuperäisestä 9. joulukuuta 2024. Haettu 9. joulukuuta 2024.
207. Hanson, Kenneth R.; Bolthouse, Hannah (2024). ""Replikoiden poistaminen eroottisista roolipeleistä on kuin aseiden tai autojen poistaminen Grand Theft Autosta": Reddit-keskustelu teköälychatboteista ja seksuaaliteknologioista" (<https://doi.org/10.1177%2F23780231241259627>). *Socius: Sosiologinen tutkimus dynaamisessa maailmassa*. **10** 23780231241259627. doi:10.1177/23780231241259627 (<https://doi.org/10.1177%2F23780231241259627>). ISSN 2378-0231 (<https://search.worldcat.org/issn/2378-0231>).
208. Mania, Karolina (1. tammikuuta 2024). "Kosto- ja syväväärennöspornon uhrien oikeussuoja Euroopan unionissa: tuloksia vertailevasta oikeudellisesta tutkimuksesta" (<https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/15248380221143772?journalCode=tvaa>). *Trauma, väkivalta ja hyväksikäytyö*. **25**(1): 117–129. doi:10.1177/15248380221143772 (<https://doi.org/10.1177%2F15248380221143772>). ISSN 1524-8380 (<https://search.worldcat.org/issn/1524-8380>). PMID-tunnus 36565267 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36565267>).
209. Singh, Suyesha; Nambiar, Vaishnavi (2024). "Tekoälyn rooli lasten seksuaalisen hyväksikäytön ehkäisemisessä verkossa: systemaattinen kirjallisuuskatsaus" (<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/19361610.2024.2331885>). *Soveltavan turvallisuustutkimuksen lehti*. **19**(4): 586–627. doi:10.1080/19361610.2024.2331885 (<https://doi.org/10.1080%2F19361610.2024.2331885>). ISSN 1936-1610 (<https://search.worldcat.org/issn/1936-1610>). Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20241209171923/https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/19361610.2024.2331885>) alkuperäisestä 9. joulukuuta 2024. Haettu 9. joulukuuta 2024.
210. Razi, Afsaneh; Kim, Seunghyun; Alsoubai, Ashwaq; Stringhini, Gianluca; Solorio, Thamar; De Choudhury, Munmun; Wisniewski, Pamela J. (13. lokakuuta 2021). "Ihmiskeskeinen systemaattinen kirjallisuuskatsaus laskennallisiin lähestymistapoihin seksuaalisen riskin havaitsemiseksi verkossa" (<https://dl.acm.org/doi/10.1145/3479609>). *ACM:n julkaisut ihmisen ja tietokoneen vuorovaikutuksesta*. **5**(CSCW2): 1–38. doi:10.1145/3479609 (<https://doi.org/10.1145%2F3479609>). ISSN 2573-0142 (<https://search.worldcat.org/issn/2573-0142>). Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20241209171735/https://dl.acm.org/doi/10.1145/3479609>) alkuperäisestä 9. joulukuuta 2024. Haettu 9. joulukuuta 2024.
211. Ransbotham, Sam; Kiron, David; Gerbert, Philipp; Reeves, Martin (6. syyskuuta 2017). "Liiketoiminnan uudistaminen teköälyn avulla" (<https://sloanreview.mit.edu/projects/reshaping-business-with-artificial-intelligence>). *MIT Sloan Management Review* Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20240213070751/https://sloanreview.mit.edu/projects/reshaping-business-with-artificial-intelligence>) alkuperäisestä 13. helmikuuta 2024.
212. Sun, Yuran; Zhao, Xilei; Lovreglio, Ruggiero; Kuligowski, Erica (1. tammikuuta 2024), Naser, M. Z. (toim.), "8 – Tekoäly laajamittaiseen evakuointimallinnukseen: lupaukset ja haasteet" (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128240731000149>). *Tulkittava koneoppiminen analysointiin, suunnitteluihin, arviointiin ja tietoon perustuvaan päätöksentekoon siviili-infrastruktuurissa*, Woodhead Publishing -sarja rakennus- ja rakennesuunnittelussa, Woodhead Publishing, s. 185–204, ISBN 978-0-1282-4073-1, arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20240519121547/https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780128240731000149>) alkuperäisestä 19. toukokuuta 2024, haettu 28. kesäkuuta 2024.

213. Gomaa, Islam; Adelzadeh, Masoud; Gwynne, Steven; Spencer, Bruce; Ko, Yoon; Bénichou, Noureddine; Ma, Chunyun; Elsagan, Nour; Duong, Dana; Zalok, Ehab; Kinateder, Max (1. marraskuuta 2021). "Älykkään palonilmaisu- ja evakuointijärjestelmän viitekehys" (<https://doi.org/10.1007/s10694-021-01157-3>). *Palotekniikka* 57(6): 3179–3185. doi:10.1007/s10694-021-01157-3 (<https://doi.org/10.1007%2Fs10694-021-01157-3>). ISSN 1572-8099 (<https://search.worldcat.org/issn/1572-8099>). Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20241005165650/https://link.springer.com/article/10.1007/s10694-021-01157-3>) alkuperäisestä 5. lokakuuta 2024. Haettu 5. lokakuuta 2024.
214. Zhao, Xilei; Lovreglio, Ruggiero; Nilsson, Daniel (1. toukokuuta 2020). "Evakuointia edeltävän päätöksenteon mallintaminen ja tulkinta koneoppimisen avulla" (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580519313184>). *Automaatio rakentamisessa* 113103140. doi:10.1016/j.autcon.2020.103140 (<https://doi.org/10.1016%2Fj.autcon.2020.103140>). hdl:10179/17315 (<https://hdl.handle.net/10179%2F17315>). ISSN 0926-5805 (<https://search.worldcat.org/issn/0926-5805>). Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20240519121548/https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926580519313184>) alkuperäisestä 19. toukokuuta 2024. Haettu 5. lokakuuta 2024.
215. "Intian viimeisimmissä vaaleissa omaksuttiin tekoälytekniologia. Tässä on joitakin tapoja, joilla sitä käytettiin rakentavasti" (<https://www.pbs.org/newshour/world/indias-latest-election-embraced-ai-technology-here-are-some-ways-it-was-used-constructively>). *PBS-uutiset*. 12. kesäkuuta 2024. Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20240917194950/https://www.pbs.org/newshour/world/indias-latest-election-embraced-ai-technology-here-are-some-ways-it-was-used-constructively>) alkuperäisestä 17. syyskuuta 2024. Haettu 28. lokakuuta 2024.
216. "Экономист Дарон Асемоглу написал книгу об угрозах искусственного интеллекта — и о том, как правильное обратить его на пользу человечеству Спецкор "Медузы" Маргарита Лютова узнала ученого, как скоро мир сможет приблизиться к этой утопии" (<https://meduza.io/feature/2023/06/19/ekonomist-daron-asemoglu-napisal-knigu-ob-ugrozah-iskusstvennogo-intellekta-io-tom-kak-pravilnoe-upravleniemozhet-obratit-ego-na-chestzu-chelove>). *Meduza* (venäjäksi). Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20230620234007/https://meduza.io/feature/2023/06/19/ekonomist-daron-asemoglu-napisal-knigu-ob-ugrozah-iskusstvennogo-intellekta-io-praville-nieka-mozhet-obratit-ego-na-polzu-chelovechestvu>) alkuperäisestä 20. kesäkuuta 2023. Haettu 21. kesäkuuta 2023.
217. "Oppiminen, ajattelu, taiteellinen yhteistyö ja muut vastaavat ihmilliset pyrkimykset tekoälyn aikakaudella" (<https://www.thehindu.com/society/artificial-intelligence-chatgpt-technology-human-labour-intelligence-creativity/article66914412.ece>). *Hindu*. 2. kesäkuuta 2023. Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20230621174339/https://www.thehindu.com/society/artificial-intelligence-chatgpt-technology-human-labour-intelligence-creativity/article66914412.ece>) alkuperäisestä 21. kesäkuuta 2023. Haettu 21. kesäkuuta 2023.
218. Müller, Vincent C. (30. huhtikuuta 2020). "Tekoälyn ja roboottikan etiikka" (<https://plato.stanford.edu/archives/fall2023/entries/ethics-ai>). *Stanfordin filosofian tietosanakirjan arkisto* Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20241005165650/https://plato.stanford.edu/archives/fall2023/entries/ethics-ai/>) alkuperäisestä 5. lokakuuta 2024. Haettu 5. lokakuuta 2024.
219. Simoniitti (2016).
220. Russell & Norvig (2021), s. 987.
221. "Tekoälyn mahdollisten tulevien riskien, hyötyjen ja poliittisten vaatimusten arviointi" (http://www.oecd.org/en/publications/assessing-potential-future-artificial-intelligence-risks-benefits-and-policy-imperatives_3f4e3dfb-en.html). *OECD*. 14. marraskuuta 2024. Haettu 1. elokuuta 2025.
222. Laskowski (2023).
223. GAO (2022).
224. Valinsky (2019).

225. Russell & Norvig (2021), s. 991.
226. Russell & Norvig (2021), s. 991–992.
227. Christian (2020), s. 63.
228. Vincent (2022).
229. Kopel, Matthew. "Tekijänoikeuspalvelut: Kohtuullinen käyttö" (<https://guides.library.cornell.edu/copyright/fair-use>). *Cornellin yliopiston kirjasto* Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20240926194057/https://guides.library.cornell.edu/copyright/fair-use>) alkuperäisestä 26. syyskuuta 2024. Haettu 26. huhtikuuta 2024.
230. Burgess, Matt. "Kuinka estää datasi käyttö tekoälyn kouluttamiseen" (<https://www.wired.com/story/how-to-stop-your-data-from-being-used-to-train-ai>). *Langallinen*. ISSN 1059-1028 (<https://search.worldcat.org/issn/1059-1028>). Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20241003180100/https://www.wired.com/story/how-to-stop-your-data-from-being-used-to-train-ai/>) alkuperäisestä 3. lokakuuta 2024. Haettu 26. huhtikuuta 2024.
231. Reisner (2023).
232. Alter ja Harris (2023).
233. "Innovaatioekosysteemin valmisteleminen tekoälyä varten. Immateriaalioikeuspolitiikan työkalupakki" (<https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo-pub-2003-en-getting-the-innovation-ecosystem-ready-for-ai.pdf>) (PDF). *WIPO*.
234. Hammond, George (27. joulukuuta 2023). "Suuret teknologiayritykset käyttävät tekoäly-startup-yrityksiin enemmän rahaa kuin pääomasijoitusyhtiöt" (<https://arstechnica.com/ai/2023/12/big-tech-is-spending-more-than-vc-firms-on-aistartups>). *Ars Technica* Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20240110195706/https://arstechnica.com/ai/2023/12/big-tech-is-spending-more-than-vc-firms-on-ai-startups>) alkuperäisestä 10. tammikuuta 2024.
235. Wong, Matteo (24. lokakuuta 2023). "Tekoälyn tulevaisuus on GOMA" (<https://www.theatlantic.com/technology/archive/2023/10/big-ai-silicon-valley-dominance/675752>). *Atlanti* Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20240105020744/https://www.theatlantic.com/technology/archive/2023/10/big-ai-silicon-valley-dominance/675752>) alkuperäisestä 5. tammikuuta 2024.
236. "Suuret teknologiayritykset ja tekoälyn valta-aseman tavoittelu" (<https://www.economist.com/business/2023/03/26/big-tech-and-the-pursuit-of-ai-dominance>). *The Economist*. 26. maaliskuuta 2023. Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20231229021351/https://www.economist.com/business/2023/03/26/big-tech-and-the-pursuit-of-ai-dominance>) alkuperäisestä 29. joulukuuta 2023.
237. Fung, Brian (19. joulukuuta 2023). "Missä tekoälyn hallitsemisesta voi voittaa taistelun" (<https://www.kirjaudu.sisaeen.osoitteessa.www.cnn.com/2023/12/19/tech/cloud-competition-and-ai/index.html>). *CNN-liiketoiminta* Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20240113053332/https://www.cnn.com/2023/12/19/tech/cloudcompetition-and-ai/index.html>) alkuperäisestä 13. tammikuuta 2024.
238. Metz, Cade (5. heinäkuuta 2023). "Tekoälyn aikakaudella teknologian pienet kaverit tarvitsevat suuria ystäviä" (<https://www.nytimes.com/2023/07/05/business/artificial-intelligence-power-data-centers.html>). *New York Times* Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20240708214644/https://www.nytimes.com/2023/07/05/business/artificial-intelligence-power-data-centers.html>) alkuperäisestä 8. heinäkuuta 2024. Haettu 5. lokakuuta 2024.
239. "Sähkö 2024 – Analyysi" (<https://www.iea.org/reports/electricity-2024>). *IEA*. 24. tammikuuta 2024. Haettu 13. heinäkuuta 2024.
240. Calvert, Brian (28. maaliskuuta 2024). "Tekoäly käyttää jo yhtä paljon energiaa kuin pieni maa. Se on vasta alkua" (<https://www.vox.com/climate/2024/3/28/24111721/ai-uses-a-lot-of-energy-experts-expect-it-to-double-in-just-a-few-years>). *Ääni*. New York, New York. Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20240703080555/https://www.vox.com/climate/2024/3/28/24111721/ai-uses-a-lot-of-energy-experts-expect-it-to-double-in-just-a-few-years>) alkuperäisestä 3. heinäkuuta 2024. Haettu 5. lokakuuta 2024.

241. Halper, Evan; O'Donovan, Caroline (21. kesäkuuta 2024). "Tekoäly kuluttaa sähköverkkoa loppuun. Teknologiatyypit etsivät ihmeratkaisua" (https://www.washingtonpost.com/business/2024/06/21/artificial-intelligence-nuclear-fusion-climate/?utm_campaign=wp_post_most&utm_medium=email&utm_source=newsletter&wpisrc=nl_most&carta-url=https%3A%2F%2Fs2.washingtonpost.com%2FcarIn-tr%2F3e0d678%2F6675a2d2c2c05472dd9ec0f4%2F596c09009bbc0f20865036e7%2F12%2F52%2F6675a2d2c2c05472dd9ec0f4). *Washington Post*.
242. Davenport, Carly. "Tekoälydatakeskukset ja tuleva YS:n sähkökulutuksen kasvu" (<https://web.archive.org/web/20240726080428/https://www.goldmansachs.com/intelligence/pages/gs-research/generational-growth-ai-data-centers-and-the-coming-us-power-surge/report.pdf>) (PDF). *Goldman Sachs* Arkistoitu alkuperäisestä (<https://www.goldmansachs.com/intelligence/pages/gs-research/generational-growth-ai-data-centers-and-the-coming-us-power-surge/report.pdf>) (PDF) 26. heinäkuuta 2024. Haettu 5. lokakuuta 2024.
243. Ryan, Carol (12. huhtikuuta 2024). "Energiaa kuluttava tekoäly on myös energiansäästöön tulevaisuus" (<http://www.wsj.com/business/energy-oil/ai-data-centers-energy-savings-d602296e>). *Wall Street Journal/Dow Jones*.
244. Hiller, Jennifer (1. heinäkuuta 2024). "Teknologiateollisuus haluaa lukita ydinvoiman tekoälyyn tielle" (<https://www.wsj.com/business/energy-oil/tech-industry-wants-to-lock-up-nuclear-power-for-ai-6cb75316?mod=djem10point>). *Wall Street Journal/Dow Jones*. Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20241005165650/https://www.wsj.com/business/energy-oil/tech-industry-wants-to-lock-up-nuclear-power-for-ai-6cb75316?mod=djem10point>) alkuperäisestä 5. lokakuuta 2024. Haettu 5. lokakuuta 2024.
245. Kendall, Tyler (28. syyskuuta 2024). "Nvidian Huang sanoo ydinvoiman olevan vaihtoehto datakeskusten sähkönsyötölle" (<https://www.bloomberg.com/news/articles/2024-09-27/nvidia-s-huang-says-nuclear-power-an-option-to-feed-data-centers>). *Bloomberg*.
246. Halper, Evan (20. syyskuuta 2024). "Microsoftin sopimus avasi Three Mile Islandin ydinvoimalan uudelleen tekoälyn käyttämiseksi" (<https://www.washingtonpost.com/business/2024/09/20/microsoft-three-mile-island-nuclear-constellation>). *Washington Post*.
247. Hiller, Jennifer (20. syyskuuta 2024). "Three Mile Islandin ydinvoimala avautuu uudelleen ja auttaa Microsoftin tekoälykeskusten energiantuotannossa" (https://www.wsj.com/business/energy-oil/three-mile-islands-nuclear-plant-to-reopen-help-power-microsofts-ai-centers-aebfb3c8?mod=Searchresults_pos_1&page=1). *Wall Street Journal/Dow Jones*. Arkistoitu (https://web.archive.org/web/20241005170152/https://www.wsj.com/business/energy-oil/three-mile-islands-nuclear-plant-to-reopen-help-power-microsofts-ai-centers-aebfb3c8?mod=Searchresults_pos_1&page=1) alkuperäisestä 5. lokakuuta 2024. Haettu 5. lokakuuta 2024.
248. Niva Yadav (19. elokuuta 2024). "Taiwan aikoo lopettaa suurten datakeskusten rakentamisen pohjoisessa riittämättömän tehon vuoksi" (<https://www.datacenterdynamics.com/en/news/taiwan-to-stop-large-data-centers-in-the-north-cites-insufficient-power/>). DatacenterDynamics. Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20241108213650/https://www.datacenterdynamics.com/en/news/taiwan-to-stop-large-data-centers-in-the-north-cites-insufficient-power/>) alkuperäisestä 8. marraskuuta 2024. Haettu 7. marraskuuta 2024.
249. Mochizuki, Takashi; Oda, Shoko (18. lokakuuta 2024). "エヌビディア出資の日本企業、原発近くでAIデータセンター新設検討" (<https://www.bloomberg.co.jp/news/articles/2024-10-18/SLHGKKT0AFB400>). Bloomberg(japaniksi). Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20241108213843/https://www.bloomberg.co.jp/news/articles/2024-10-18/SLHGKKT0AFB400>) alkuperäisestä 8. marraskuuta 2024. Haettu 7. marraskuuta 2024.
250. Naureen S Malik ja Will Wade (5. marraskuuta 2024). "Ydinvoimaa kaipaavat tekoälykampukset tarvitsevat uuden suunnitelman löytääkseen nopeasti voimaa" (<https://www.bloomberg.com/news/articles/2024-11-04/nuclear-hungry-ai-campuses-need-new-strategy-to-find-power-fast>). Bloomberg.
251. "Energia ja tekoäly, tiivistelmä" (<https://www.iea.org/reports/energy-and-ai/executive-summary>). Kansainvälinen energiajärjestö Haettu 10. huhtikuuta 2025.
252. Nicas (2018).

253. Rainie, Lee; Keeter, Scott; Perrin, Andrew (22. heinäkuuta 2019). "Luottamus ja epäluottamus Amerikassa" (<http://www.pewresearch.org/politics/2019/07/22/trust-and-distrust-in-america>). *Pew-tutkimuskeskus* Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20240222000601/https://www.pewresearch.org/politics/2019/07/22/trust-and-distrust-in-america>) alkuperäisestä 22. helmikuuta 2024.
254. Kosoff, Maya (8. helmikuuta 2018). "YouTube kamppailee salaliittoteorioiden hillitsemiseksi" (<http://www.vanityfair.com/news/2018/02/youtube-conspiracy-problem>). *Turhamaisuuden markkinat* Haettu 10. huhtikuuta 2025.
255. Berry, David M. (19. maaliskuuta 2025). "Synteettinen media ja laskennallinen kapitalismi: kohti teköälyn kriittistä teoriaa" (<https://doi.org/10.1007/s00146-025-02265-2>). *Tekoäly ja yhteiskunta* doi:10.1007/s00146-025-02265-2 (<https://doi.org/10.1007%2Fs00146-025-02265-2>). ISSN 1435-5655 (<https://search.worldcat.org/issn/1435-5655>).
256. "Unreal: Kvanttihyppy teköälyvideossa" (<https://theweek.com/tech/unreal-quantum-leap-ai-video-on-google>). *Viikko17*. kesäkuuta 2025. Haettu 20. kesäkuuta 2025.
257. Snow, Jackie (16. kesäkuuta 2025). "Tekoälyvideosta on tulossa todellista. Varo, mitä seuraavaksi tapahtuu" (<https://qz.com/ai-video-will-smith-google-veo-openai-sora-meta>). *Kvarts* Haettu 20. kesäkuuta 2025.
258. Chow, Andrew R.; Perrigo, Billy (3. kesäkuuta 2025). "Googlen uusi teköälytyökalu tuottaa vakuuttavia syvähuijauksia mellakoista, konflikteista ja vaalipetoksista" (<https://time.com/7290050/veo-3-google-misinformation-deepfake/>). *Aika* Haettu 20. kesäkuuta 2025.
259. Williams (2023).
260. Olanipekun, Samson Olufemi (2025). "Laskennallinen propaganda ja misinformaatio: teköälyteknoLOGIAT median manipuloinnin välineinä" (<https://journalwjarr.com/node/366>). *Maailman edistyneen tutkimuksen ja arvostelujen aikakauslehti*:25(1): 911–923. doi:10.30574/wjarr.2025.25.1.0131 (<https://doi.org/10.30574%2Fwjarr.2025.25.1.0131>). ISSN 2581-9615 (<https://search.worldcat.org/issn/2581-9615>).
261. Taylor ja Hern (2023).
262. "Tekoälyn torjumiseksi tarvitsemme 'persoonallisuuden osoituksia', sanovat teköälyyritykset" (http://web.archive.org/web/20250424232537/https://www.theregister.com/2024/09/03/ai_personhood_credentials/). Arkistoitu alkuperäisestä (https://www.theregister.com/2024/09/03/ai_personhood_credentials) als/ 24. huhtikuuta 2025. Haettu 9. toukokuuta 2025.
263. Samuel, Sigal (19. huhtikuuta 2022). "Miksi on niin pirun vaikeaa tehdä teköälystä oikeudenmukaista ja puolueetonta" (<https://www.vox.com/future-perfect/22916602/ai-bias-fairness-tradeoffs-artificial-intelligence>). *Ääni* Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20241005170153/https://www.vox.com/future-perfect/22916602/ai-bias-fairness-tradeoffs-artificial-intelligence>) alkuperäisestä 5. lokakuuta 2024. Haettu 24. heinäkuuta 2024.
264. Ruusu (2023).
265. CNA (2019).
266. Goffrey (2008), s. 17.
267. Berdahl et al. (2023); Goffrey (2008, s. 17); Rose (2023); Russell & Norvig (2021, s. 995)
268. Christian (2020), s. 25.
269. Russell & Norvig (2021), s. 995.
270. Grant ja Hill (2023).
271. Larson ja Angwin (2016).
272. Christian (2020), s. 67–70.
273. Christian (2020, s. 67–70); Russell & Norvig (2021, s. 993–994)
274. Russell & Norvig (2021, s. 995); Lipartito (2011, s. 36); Goodman & Flaxman (2017, s. 6); Christian (2020, s. 39–40, 65)
275. Lainattu teoksesta Christian (2020, s. 65).
276. Russell & Norvig (2021, s. 994); Christian (2020, s. 40, 80–81)
277. Lainattu Christian-teoksessa (2020, s. 80)
278. Dockrill (2022).

279. Näyte (2017).
280. "Black Box AI" (<https://www.techopedia.com/definition/34940/black-box-ai>). 16. kesäkuuta 2023. Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20240615100800/https://www.techopedia.com/definition/34940/black-box-ai>) alkuperäisestä 15. kesäkuuta 2024. Haettu 5. lokakuuta 2024.
281. Christian (2020), s. 110.
282. Christian (2020), s. 88–91.
283. Christian (2020), s. 83); Russell & Norvig (2021), s. 997
284. Christian (2020), s. 91.
285. Christian (2020), s. 83.
286. Verma (2021).
287. Rothman (2020).
288. Christian (2020), s. 105–108.
289. Christian (2020), s. 108–112.
290. Ropek, Lucas (21. toukokuuta 2024). "Uusi antrooppinen tutkimus valaisee tekoälyn 'mustaa laatikkoa'" (<http://gizmodo.com/new-anthropic-research-sheds-light-on-ais-black-box-1851491333>). *Gizmodo*Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20241005170309/https://gizmodo.com/new-anthropic-research-sheds-light-on-ais-black-box-1851491333>) alkuperäisestä 5. lokakuuta 2024. Haettu 23. toukokuuta 2024.
291. Russell & Norvig (2021), s. 989.
292. Russell & Norvig (2021), sivut 987–990.
293. Russell & Norvig (2021), s. 988.
294. Robitzski (2018); Sainato (2015)
295. Harari (2018).
296. Buckley, Chris; Mozur, Paul (22. toukokuuta 2019). "Miten Kiina käyttää huipputeknologista valvontaa vähemmistöjen alistamiseen" (<https://www.nytimes.com/2019/05/22/world/asia/china-surveillance-xinjiang.html>). *New York Times*Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20191125180459/https://www.nytimes.com/2019/05/22/world/asia/china-surveillance-xinjiang.html>) alkuperäisestä 25. marraskuuta 2019. Haettu 2. heinäkuuta 2019.
297. "Turvallisuusvika paljasti kiinalaisen älykaupungin valvontajärjestelmän" (<https://techcrunch.com/2019/05/03/china-smart-city-exposed>). 3. toukokuuta 2019. Arkistoitu (https://web.archive.org/web/20210307203740/https://consent.yahoo.com/v2/collectConsent?sessionId=3_cc-session_c8562b93-9863-4915-8523-6c7b930a3efc) alkuperäisestä 7. maaliskuuta 2021. Haettu 14. syyskuuta 2020.
298. Urbina ym. (2022).
299. E. McGaughey, 'Automatisoivatko robotit työpaikkasi? Täysi työllisyys, perustulo ja taloudellinen demokratia' (2022), 51(3) *Industrial Law Journal* 511–559 (<https://academic.oup.com/ilj/article/51/3/511/6321008>). Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20230527163045/https://academic.oup.com/ilj/article/51/3/511/6321008>) 27. toukokuuta 2023 Wayback Machinessa.
300. Ford ja Colvin (2015); McGaughey (2022)
301. IGM Chicago (2017).
302. Arntz, Gregory & Zierahn (2016), s. 33.
303. Lohr (2017); Frey & Osborne (2017); Arntz, Gregory & Zierahn (2016), s. 33)
304. Zhou, Viola (11. huhtikuuta 2023). "Tekoäly vie jo videopalikuvittajan työpaikkoja Kiinassa" (<https://restofworld.org/2023/ai-image-china-video-game-layoffs>). *Muu maailma*Arkistoitu ([https://restofworld.org/2023/ai-image-china-video-game-layoffs/](http://web.archive.org/web/20240221131748/https://restofworld.org/2023/ai-image-china-video-game-layoffs/)) alkuperäisestä 21. helmikuuta 2024. Haettu 17. elokuuta 2023.

305. Carter, Justin (11. huhtikuuta 2023). "Kiinan pelialan kerrotaan tuhoutuneen tekoälyn käytön kasvun vuoksi" (<https://www.gamedeveloper.com/art/china-s-game-art-industry-reportedly-decimated-a-i-art-use>). *Pelikehittäjä* Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20230817010519/https://www.gamedeveloper.com/art/china-s-game-art-industry-reportedly-decimated-a-i-art-use>) alkuperäisestä 17. elokuuta 2023. Haettu 17. elokuuta 2023.
306. Morgenstern (2015).
307. Mahdawi (2017); Thompson (2014)
308. Tarnoff, Ben (4. elokuuta 2023). "Oppitunteja Elizalta". *The Guardian Weeklys*. 34–39.
309. Cellan-Jones (2014).
310. Russell & Norvig 2021, s. 1001.
311. Boström (2014).
312. Russell (2019).
313. Bostrom (2014); Müller & Bostrom (2014); Bostrom (2015).
314. Harari (2023).
315. Müller & Bostrom (2014).
316. Johtajien huolenaiheet tekoälyn eksistentiaalista riskeistä vuoden 2015 tienoilla: Rawlinson (2015), Holley (2015), Gibbs (2014), Sainato (2015)
317. "Tekoälyn kummisetä" käsittelee uuden tekoälyn vaikutusta ja potentiaalia" (<https://www.cbsnews.com/video/godfather-of-artificial-intelligence-talks-impact-and-potential-of-new-ai>). *CBS-uutiset*. 25. maaliskuuta 2023. Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20230328225221/https://www.cbsnews.com/video/godfather-of-artificial-intelligence-talks-impact-and-potential-of-new-ai>) alkuperäisestä 28. maaliskuuta 2023. Haettu 28. maaliskuuta 2023.
318. Pittis, Don (4. toukokuuta 2023). "Kanadalainen tekoälyjohtaja Geoffrey Hinton lisää pelkoaan tietokoneiden valtauksesta" (<https://www.cbc.ca/news/business/ai-doom-column-don-pittis-1.6829302>). *CBC* Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20240707032135/https://www.cbc.ca/news/business/ai-doom-column-don-pittis-1.6829302>) alkuperäisestä 7. heinäkuuta 2024. Haettu 5. lokakuuta 2024.
319. "Geoffrey Hintonin mukaan tekoälyllä on 50–50 mahdollisuus olla ihmiskuntaa älykkäämpi" (<https://www.bnnbloomberg.ca/50-50-chance-that-ai-outsmarts-humanity-geoffrey-hinton-says-1.2085394>). *Bloomberg BNN*. 14. kesäkuuta 2024. Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20240614144506/https://www.bnnbloomberg.ca/50-50-chance-that-ai-outsmarts-humanity-geoffrey-hinton-says-1.2085394>) alkuperäisestä 14. kesäkuuta 2024. Haettu 6. heinäkuuta 2024.
320. Valance (2023).
321. Taylor, Josh (7. toukokuuta 2023). "Tekoälyn nousu on väistämätön, mutta sitä ei pidä pelätä, sanoo 'tekoälyn isä'" (<https://www.theguardian.com/technology/2023/may/07/rise-of-artificial-intelligence-is-inevitable-but-should-not-be-feared-father-of-ai-says>). *The Guardian* Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20231023061228/https://www.theguardian.com/technology/2023/may/07/rise-of-artificial-intelligence-is-inevitable-but-should-not-be-feared-fatherof-ai-says>) alkuperäisestä 23. lokakuuta 2023. Haettu 26. toukokuuta 2023.
322. Colton, Emma (7. toukokuuta 2023). "'Tekoälyn isä' sanoo teknologiapelkojen menneen hukkaan: 'Et voi pysyttää sitä'" (<https://www.foxnews.com/tech/father-ai-jurgen-schmidhuber-says-tech-fears-misplaced-can-not-stop>). *Fox-uutiset* Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20230526162642/https://www.foxnews.com/tech/father-ai-jurgen-schmidhuber-says-tech-fears-misplaced-cannot-stop>) alkuperäisestä 26. toukokuuta 2023. Haettu 26. toukokuuta 2023.
323. Jones, Hessie (23. toukokuuta 2023). "Juergen Schmidhuber, tunnettu 'modernin tekoälyn isä', sanoo, ettei hänen elämäntönsä johda dystopiaan" (<https://www.forbes.com/sites/hessiejones/2023/05/23/juergen-schmidhuber-renowned-father-of-modern-ai-says-his-lifes-work-wont-lead-to-dystopia>). *Forbes* Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20230526163102/https://www.forbes.com/sites/hessiejones/2023/05/23/juergen-schmidhuber-renowned-father-of-modern-ai-says-his-lifes-work-wont-lead-to-dystopia>) alkuperäisestä 26. toukokuuta 2023. Haettu 26. toukokuuta 2023.

324. McMorrow, Ryan (19. joulukuuta 2023). "Andrew Ng: 'Pidämmekö maailmaa parempana, jos maailmassa on enemmän vai vähemmän älykkyyttä?'" (<https://www.ft.com/content/2dc07f9e-d2a9-4d98-b746-b051f9352be3>). *Financial Times* Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20240125014121/https://www.ft.com/content/2dc07f9e-d2a9-4d98-b746-b051f9352be3>) alkuperäisestä 25. tammikuuta 2024. Haettu 30. joulukuuta 2023.
325. Levy, Steven (22. joulukuuta 2023). "Kuinka olla olematta tyhmä tekoälyn suhteenvastainen, Yann LeCunin kanssa" (<http://www.wired.com/story/artificial-intelligence-meta-yann-lecun-interview>). *Langallinen* Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20231228152443/https://www.wired.com/story/artificial-intelligence-meta-yann-lecun-interview>) alkuperäisestä 28. joulukuuta 2023. Haettu 30. joulukuuta 2023.
326. Argumentteja, joiden mukaan tekoäly ei ole välitön riski: Brooks (2014), Geist (2015), Madrigal (2015), Lee (2014)
327. Christian (2020), sivut 67, 73.
328. Yudkowsky (2008).
329. Anderson ja Anderson (2011).
330. AAAI (2014).
331. Wallach (2010).
332. Russell (2019), s. 173.
333. Stewart, Ashley; Melton, Monica. "Hugging Faceen toimitusjohtaja sanoo keskittävänsä 'kestävän mallin' rakentamiseen 4,5 miljardin dollarin avoimen lähdekoodin tekoälyyrytyselle" (<https://www.businessinsider.com/hugging-face-open-source-ai-approach-2023-12>). *Business Insider* Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20240925013220/https://www.businessinsider.com/hugging-face-open-source-ai-approach-2023-12>) alkuperäisestä 25. syyskuuta 2024. Haettu 14. huhtikuuta 2024.
334. Wiggers, Kyle (9. huhtikuuta 2024). "Googlen avoimen lähdekoodin työkalut tekoälymallien kehittämisen tueksi" (<https://techcrunch.com/2024/04/09/google-open-sources-tools-to-support-ai-model-development>). *TechCrunch* Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20240910112401/https://techcrunch.com/2024/04/09/google-open-sources-tools-to-support-ai-model-development/>) alkuperäisestä 10. syyskuuta 2024. Haettu 14. huhtikuuta 2024.
335. Heaven, Will Douglas (12. toukokuuta 2023). "Avoimen lähdekoodin tekoälybuumi perustuu suurten teknologiayritysten lahjoituksiin. Kuinka kauan se kestää?" (<https://www.technologyreview.com/2023/05/12/1072950/open-source-ai-google-openai-eleuther-meta>). *MIT-teknologiatekniikan katsaus* Haettu 14. huhtikuuta 2024.
336. Brodsky, Sascha (19. joulukuuta 2023). "Mistral AI:n uusi kielimalli tähtää avoimen lähdekoodin ylivaltaan" (<https://aibusines.com/nlp/mistral-ai-s-new-language-model-aims-for-open-source-supremacy>). *Tekoälyliiketoiminta* Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20240905212607/https://aibusines.com/nlp/mistral-ai-s-new-language-model-aims-for-open-source-supremacy>) alkuperäisestä 5. syyskuuta 2024. Haettu 5. lokakuuta 2024.
337. Edwards, Benj (22. helmikuuta 2024). "Stability julkistaa Stable Diffusion 3:n, seuraavan sukupolven tekoälykuvageneraattorin" (<https://arstechnica.com/information-technology/2024/02/stability-announces-stable-diffusion-3-a-next-gen-ai-image-generator>). *Ars Technica* Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20241005170201/https://arstechnica.com/information-technology/2024/02/stability-announces-stable-diffusion-3-a-next-gen-ai-image-generator/>) alkuperäisestä 5. lokakuuta 2024. Haettu 14. huhtikuuta 2024.
338. Marshall, Matt (29. tammikuuta 2024). "Miten yritykset käyttävät avoimen lähdekoodin oikeustieteen maistereita: 16 esimerkkiä" (<https://venturebeat.com/ai/how-enterprises-are-using-open-source-ilms-16-examples>). *VentureBeat* Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20240926171131/https://venturebeat.com/ai/how-enterprises-are-using-open-source-ilms-16-examples/>) alkuperäisestä 26. syyskuuta 2024. Haettu 5. lokakuuta 2024.

339. Piper, Kelsey (2. helmikuuta 2024). "Pitäisikö meidän tehdä tehokkaimmista tekölymalleistamme avoimen lähdekoodin malleja kaikille?" (<https://www.vox.com/future-perfect/2024/2/2/24058484/open-source-artificial-älykkys-ai-riski-meta-llama-2-chatgpt-openai-deepfake>). ÄäniArkistoitu (<https://web.archive.org/web/20241005170204/https://www.vox.com/future-perfect/2024/2/2/24058484/open-source-artificial-intelligence-ai-riski-meta-llama-2-chatgpt-openai-deepfake>) alkuperäisestä 5. lokakuuta 2024. Haettu 14. huhtikuuta 2024.
340. Alan Turing -instituutti (2019). "Understanding artificial intelligence ethics and safety" (https://www.turing.ac.uk/sites/default/files/2019-06/understanding_artificial_intelligence_ethics_and_safety.pdf) (PDF). Arkistoitu (https://web.archive.org/web/20240911131935/https://www.turing.ac.uk/sites/default/files/2019-06/understanding_artificial_intelligence_ethics_and_safety.pdf) (PDF) alkuperäisestä 11. syyskuuta 2024. Haettu 5. lokakuuta 2024.
341. Alan Turing -instituutti (2023). "Tekoälyn etiikka ja hallinto käytännössä" (https://www.turing.ac.uk/sites/default/files/2023-12/aieg-ati-ai-ethics-an-intro_1.pdf) (PDF). Arkistoitu (https://web.archive.org/web/20240911125504/https://www.turing.ac.uk/sites/default/files/2023-12/aieg-ati-ai-ethics-an-intro_1.pdf) (PDF) alkuperäisestä 11. syyskuuta 2024. Haettu 5. lokakuuta 2024.
342. Floridi, Luciano; Cowls, Josh (23. kesäkuuta 2019). "Viiden periaatteen yhtenäinen viitekehys teköälylle yhteiskunnassa" (<https://hdsr.mitpress.mit.edu/pub/l0jsh9d1>). *Harvardin datatieteen katsaus*. 1 (1). doi:10.1162/99608f92.8cd550d1 (<https://doi.org/10.1162%2F99608f92.8cd550d1>). S2CID 198775713 (<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:198775713>). Arkistoitu (<https://archive.today/20190807202909/https://hdsr.mitpress.mit.edu/pub/l0jsh9d1>) alkuperäisestä 7. elokuuta 2019. Haettu 5. joulukuuta 2023.
343. Buruk, Banu; Ekmekci, Perihan Elif; Arda, Berna (1. syyskuuta 2020). "Kriittinen näkökulma vastuullisen ja luotettavan teköälyn ohjeisiin" (<https://doi.org/10.1007/s11019-020-09948-1>). *Lääketiede, terveydenhuolto ja filosofia*. 23(3): 387–399. doi:10.1007/s11019-020-09948-1 (<https://doi.org/10.1007%2Fs11019-020-09948-1>). ISSN 1572-8633 (<https://search.worldcat.org/issn/1572-8633>). PMID 32236794 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32236794>). S2CID 214766800 (<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:214766800>). Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20241005170206/https://link.springer.com/article/10.1007/s11019-020-09948-1>) alkuperäisestä 5. lokakuuta 2024. Haettu 5. lokakuuta 2024.
344. Kamila, Manoj Kumar; Jasrotia, Sahil Singh (1. tammikuuta 2023). "Eettiset kysymykset teköälyn kehittämisessä: riskien tunnistaminen" (<https://doi.org/10.1108/IJOES-05-2023-0107>). *Kansainvälinen etiikka- ja järjestelmälehti*. 41 (ennen painoa): 45–63. doi:10.1108/IJOES-05-2023-0107 (<https://doi.org/10.1108%2FIJOES-05-2023-0107>). ISSN 2514-9369 (<https://search.worldcat.org/issn/2514-9369>). S2CID 259614124 (<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:259614124>). Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20241005170207/https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/IJOES-05-2023-0107/full/htm>) alkuperäisestä 5. lokakuuta 2024. Haettu 5. lokakuuta 2024.
345. "AI Safety Institute julkaisee uuden teköälyn turvallisuusarviontalustan" (<https://www.gov.uk/government/news/ai-safety-institute-releases-new-ai-safety-evaluations-platform>). Yhdistyneen kuningaskunnan hallitus. 10. toukokuuta 2024. Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20241005170207/https://www.gov.uk/government/news/ai-safety-institute-releases-new-ai-safety-evaluations-platform>) alkuperäisestä 5. lokakuuta 2024. Haettu 14. toukokuuta 2024.
346. Tekoälyn sääntely riskien vähentämiseksi: Berryhill et al. (2019), Barfield & Pagallo (2018), Iphofen & Kritikos (2019), Wirtz, Weyerer & Geyer (2018), Buiten (2019)
347. Yhdysvaltain kongressin lakikirjasto. Maailmanlaajuisen oikeudellisen tutkimuksen osasto (2019).
348. Vincent (2023).
349. Stanfordin yliopisto (2023).
350. UNESCO (2021).
351. Kissinger (2021).
352. Altman, Brockman ja Sutskever (2023).

353. VOA News (25. lokakuuta 2023). "YK ilmoittaa tekoälyn neuvoa-antavan elimen perustamisesta" (<https://www.voanews.com/a/un-announces-advisory-body-on-artificial-intelligence-/7328732.htm>). Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20240918071530/https://www.voanews.com/a/un-a nnounces-advisory-body-on-artificial-intelligence-/7328732.html>) alkuperäisestä 18. syyskuuta 2024. Haettu 5. lokakuuta 2024.
354. "Tekoälylaki tulee voimaan - Euroopan komissio" (https://commission.europa.eu/news-andmedia/news/ai-act-enters-force-2024-08-01_en). commission.europa.eu Haettu 11. elokuuta 2025.
355. "Euroopan neuvosto avaa allekirjoittamista varten kaikkien aikojen ensimmäisen tekoälyä koskevan maailmanlaajuisen sopimuksen" (<https://www.coe.int/en/web/portal/-/council-of-europe-opens-first-ever-global-treaty-on-ai-for-signature>). *Euroopan neuvosto*. 5. syyskuuta 2024. Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20240917001330/https://www.coe.int/en/web/portal/-/council-of-europe-opens-first-ever-global-treaty-on-ai-for-signature>) alkuperäisestä 17. syyskuuta 2024. Haettu 17. syyskuuta 2024.
356. Edwards (2023).
357. Kasperowicz (2023).
358. Fox News (2023).
359. Milmo, Dan (3. marraskuuta 2023). "Toivoa vai kauhua? Suuri tekoälykeskustelu jakaa pioneerejaan". *The Guardian Weeklys*. 10-12.
360. "Tekoälyn turvallisuushuippukokoukseen 1.-2. marraskuuta 2023 osallistuneiden maiden Bletchley julistus" (<https://web.archive.org/web/20231101123904/https://www.gov.uk/government/publications/ai-safety-summit-2023-the-bletchley-declaration/the-bletchley-declaration-by-countries-attending-the-ai-safety-summit-1-2-november-2023>). GOV.UK. 1. marraskuuta 2023. Arkistoitu alkuperäisestä (<https://www.gov.uk/government/publications/ai-safety-summit-2023-the-bletchley-declaration/the-bletchley-declaration-by-countries-attending-the-ai-safety-summit-1-2-november-2023>) 1. marraskuuta 2023. Haettu 2. marraskuuta 2023.
361. "Maat sopivat rajaseudun tekoälyn turvallisesta ja vastuullisesta kehittämisestä merkittävässä Bletchley julistuksessa" (<https://www.gov.uk/government/news/countries-agree-to-safe-and-responsible-rajaseudun-tekoälyn-kehittäminen-maamerkki-bletchley-julistuksessa>). GOV.UK(Lehdistötiedote). Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20231101115016/https://www.gov.uk/government/news/countries-agree-to-safe-and-responsible-development-of-frontier-ai-in-landmark-bletchley-declaration>) alkuperäisestä 1. marraskuuta 2023. Haettu 1. marraskuuta 2023.
362. "Toinen maailmanlaajainen tekoälyhuippukokous varmistaa yritysten turvallisuussitoumukset" (<https://www.reuters.com/technology/global-ai-summit-seoul-aims-forge-new-regulatory-agreements-2024-05-21>). Reuters. 21. toukokuuta 2024. Haettu 23. toukokuuta 2024.
363. "Frontierin tekoälyn turvallisuussitoumukset, tekoälyhuippukokous Soulissa 2024" (<https://web.archive.org/web/20240523201611/https://www.gov.uk/government/publications/frontier-ai-safety-commitments-aiseoul-summit-2024/frontier-ai-safety-commitments-ai-seoul-summit-2024>). gov.uk. 21. toukokuuta 2024. Arkistoitu alkuperäisestä ([https://www.gov.uk/government/publications/frontier-ai-safety-commitments-ai-seoul-summit-2024](https://www.gov.uk/government/publications/frontier-ai-safety-commitments-ai-seoul-summit-2024/frontier-ai-safety-commitments-ai-seoul-summit-2024)) 23. toukokuuta 2024. Haettu 23. toukokuuta 2024.
364. Buntz, Brian (3. marraskuuta 2024). "Laatu vs. määrä: Yhdysvallat ja Kiina kuvaavat erilaisia polkuja globaalissa tekoälypatenttikilpailussa vuonna 2024 / Tekoälypatenttien maantieteellinen jakautuminen vuonna 2024" (<https://www.rdworldonline.com/quality-vs-quantity-us-and-china-chart-different-paths-in-global-ai-patent-race-in-2024/>). R&D World. Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20241209072113/https://www.rdworldonline.com/quality-vs-quantity-us-and-china-chart-different-paths-in-global-ai-patent-race-in-2024/>) alkuperäisestä 9. joulukuuta 2024.
365. Russell & Norvig 2021, s. 9.
366. Copeland, J., toim. (2004). *Turingin ydin: ideat, jotka synnyttivät tietokoneiden aikakauden* Oxford, Englanti: Clarendon Press. ISBN 0-1982-5079-7.

367. "Google Books ngram" (https://books.google.com/ngrams/graph?content=electronic+brain&year_start=1930&year_end=2019&corpus=en-2019&smoothing=3). Arkistoitu (https://web.archive.org/web/20241005170209/https://books.google.com/ngrams/graph?content=electronic+brain&year_start=1930&year_end=2019&corpus=en-2019&smoothing=3) alkuperäisestä 5. lokakuuta 2024. Haettu 5. lokakuuta 2024.
368. Tekoälyn välittömät edeltäjät: McCorduck (2004, s. 51–107), Crevier (1993, s. 27–32), Russell & Norvig (2021, s. 8–17), Moravec (1988, s. 3)
369. Turingin alkuperäinen julkaisu Turingin testistä teoksessa "Computing machinery and intelligence": Turing (1950) Historiallinen vaikutus ja filosofiset seuraukset: Haugeland (1985, s. 6–9), Crevier (1993, s. 24), McCorduck (2004, s. 70–71), Russell & Norvig (2021, s. 2, 984)
370. Crevier (1993), sivut 47–49.
371. Russell & Norvig (2003), s. 17.
372. Russell & Norvig (2003), s. 18.
373. Newquist (1994), s. 86–86.
374. Simon (1965, s. 96) lainattu Crevierin teoksessa (1993, s. 109)
375. Minsky (1967, s. 2), lainattu Crevierin teoksessa (1993, s. 109)
376. Russell & Norvig (2021), s. 21.
377. Lighthill (1973).
378. NRC 1999, s. 212–213.
379. Russell & Norvig (2021), s. 22.
380. Asiantuntijajärjestelmät: Russell & Norvig (2021, s. 23, 292), Luger & Stubblefield (2004, s. 227–331), Nilsson (1998, luku 17.4), McCorduck (2004, s. 327–335, 434–435), Crevier (1993, s. 145–162, 197–203), Newquist (1994, s. 155–183)
381. Russell & Norvig (2021), s. 24.
382. Nilsson (1998), s. 7.
383. McCorduck (2004), sivut 454–462.
384. Moravec (1988).
385. Brooks (1990).
386. Kehittävä robotiikka: Weng et al. (2001), Lungarella et al. (2003), Asada et al. (2009), Oudeyer (2010)
387. Russell & Norvig (2021), s. 25.
388. Crevier (1993, s. 214–215), Russell & Norvig (2021, s. 24, 26)
389. Russell & Norvig (2021), s. 26.
390. 1990-luvulla omaksutut formaalit ja suppeat menetelmät: Russell & Norvig (2021, s. 24–26), McCorduck (2004, s. 486–487)
391. Tekoälyn laaja käyttö 1990-luvun lopulla: Kurzweil (2005, s. 265), NRC (1999, s. 216–222), Newquist (1994, s. 189–201)
392. Wong (2023).
393. Mooren laki ja tekoäly: Russell & Norvig (2021, s. 14, 27)
394. Clark (2015b).
395. Massadata: Russell & Norvig (2021, s. 26)
396. Sagar, Ram (3. kesäkuuta 2020). "OpenAI julkaisee GPT-3:n, tähän mennessä suurimman mallin" (<https://analyticindiamag.com/open-ai-gpt-3-language-model>). *Analytics India -lehti* Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20200804173452/https://analyticsindiamag.com/open-ai-gpt-3-la nguage-model>) alkuperäisestä 4. elokuuta 2020. Haettu 15. maaliskuuta 2023.

397. Milmo, Dan (2. helmikuuta 2023). "ChatGPT saavuttaa 100 miljoonaa käyttäjää kaksi kuukautta julkaisun jälkeen" (<https://www.theguardian.com/technology/2023/feb/02/chatgpt-100-million-users-open-ai-fastest-growing-app>). *The Guardian*. ISSN 0261-3077 (<https://search.worldcat.org/issn/0261-3077>). Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20230203051356/https://www.theguardian.com/technology/2023/feb/02/chatgpt-100-million-users-open-ai-fastest-growing-app>) alkuperäisestä 3. helmikuuta 2023. Haettu 31. joulukuuta 2024.
398. Gorichanaz, Tim (29. marraskuuta 2023). "ChatGPT täyttää 1 vuotta: tekoälychatbotin menestys kertoo yhtä paljon ihmisistä kuin teknologiasta" (<https://theconversation.com/chatgpt-turns-1-ai-chatbot-success-says-as-much-about-humans-as-technology-218704>). Keskustelu/Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20241231073513/https://theconversation.com/chatgpt-turns-1-ai-chatbots-success-says-as-much-about-humans-as-technology-218704>) alkuperäisestä 31. joulukuuta 2024. Haettu 31. joulukuuta 2024.
399. DiFeliciano (2023).
400. Goswami (2023).
401. "Lähes joka neljäs uusi startup-yritys on tekoälyyritys" (<https://pitchbook.com/news/articles/nearly-1-in-4-new-startups-is-an-ai-company>). PitchBook24. joulukuuta 2024. Haettu 3. tammikuuta 2025.
402. Grayling, Anthony; Ball, Brian (1. elokuuta 2024). "Filosofia on ratkaisevan tärkeää tekoälyn aikakaudella" (<http://theconversation.com/philosophy-is-crucial-in-the-age-of-ai-235907>). Keskustelu/Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20241005170243/https://theconversation.com/philosophy-is-crucial-in-the-age-of-ai-235907>) alkuperäisestä 5. lokakuuta 2024. Haettu 4. lokakuuta 2024.
403. Jarow, Oshan (15. kesäkuuta 2024). "Tuleeko tekoälystä koskaan tietoiseksi? Se riippuu siitä, miten ajattelet biologiasta" (<https://www.vox.com/future-perfect/351893/consciousness-ai-machines-neurotieteen-mieli>). Äänikaistoitu (<https://web.archive.org/web/20240921035218/https://www.vox.com/future-perfect/351893/consciousness-ai-machines-neuroscience-mind>) alkuperäisestä 21. syyskuuta 2024. Haettu 4. lokakuuta 2024.
404. McCarthy, John. "Tekoälyn filosofia ja filosofian tekoäly" (<https://web.archive.org/web/20181023181725/http://jmc.stanford.edu/articles/aiphil2.html>). *jmc.stanford.edu* Arkistoitu alkuperäisestä (<http://jmc.stanford.edu/articles/aiphil2.html>) 23. lokakuuta 2018. Haettu 3. lokakuuta 2024.
405. Turing (1950), s. 1.
406. Turing (1950), kohdassa "Tietoisuuden argumentti".
407. Kirk-Giannini, Cameron Domenico; Goldstein, Simon (16. lokakuuta 2023). "Tekoäly on lähempänä kuin koskaan Turingin 'älykkyy's-testin läpäisemistä. Mitä tapahtuu, kun se läpäisee sen?" (<https://theconversation.com/ai-is-closer-than-ever-to-passing-the-turing-test-for-intelligence-what-happens-when-it-does-214721>). Keskustelu/Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20240925040612/https://theconversation.com/ai-is-closer-than-ever-to-passing-the-turing-test-for-intelligence-what-happens-when-it-does-214721>) alkuperäisestä 25. syyskuuta 2024. Haettu 17. elokuuta 2024.
408. Russell & Norvig (2021), s. 3.
409. Tekijä (2006).
410. McCarthy (1999).
411. Minsky (1986).
412. "Mitä on tekoäly (AI)?" (<https://cloud.google.com/learn/what-is-artificial-intelligence>). Google Cloud Platform Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20230731114802/https://cloud.google.com/learn/what-is-artificial-intelligence>) alkuperäisestä 31. heinäkuuta 2023. Haettu 16. lokakuuta 2023.
413. Suchman, Lucy (2023). "Tekoälyn kiistaton 'esineellisyys'" (<https://doi.org/10.1177%2F20539517231206794>). *Big Data ja yhteiskunta*. **10**(2) 20539517231206794. doi:[10.1177%2F20539517231206794](https://doi.org/10.1177%2F20539517231206794) (<https://doi.org/10.1177%2F20539517231206794>).

414. Rehak, Rainer (2025). "Tekoälyn narratiivin erittely: Kriittinen arvio vallasta ja lupauksista". *Vuoden 2025 ACM-konferenssin oikeudenmukaisuudesta, vastuullisuudesta ja läpinäkyvyydestä (FAccT '25)* pöytäkirja New York, NY, USA: Tietojenkäsittelykoneiden yhdistys. s. 1250–1260. doi:10.1145/3715275.3732083 (<https://doi.org/10.1145%2F3715275.3732083>).
-
415. "Yksi suurimmista ongelmista tekoälyn sääntelyssä on määritelmästä sopiminen" (<https://carnegieendowment.org/posts/2022/10/one-of-the-biggest-problems-in-regulating-ai-is-agreeing-on-a-definition?lang=en>). *Carnegie Endowment for International Peace* Haettu 31. heinäkuuta 2024.
416. "Tekoälyä vai hölynpölyä? Mistä tietää, käyttääkö markkinointityökalu todella tekoälyä" (<https://www.thedrum.com/opinion/2023/03/30/ai-or-bs-how-tell-if-marketing-tool-really-uses-artificial-intelligence>). *Rumpu* Haettu 31. heinäkuuta 2024.
417. Musser, George (1. syyskuuta 2023). "Miten tekoäly tietää asioita, joita kukaan ei kertonut sille" (<https://www.scientificamerican.com/article/how-ai-knows-things-no-one-told-it/>). *Tieteellinen amerikkalainen* Haettu 17. heinäkuuta 2025.
418. Nilsson (1983), s. 10.
419. Haugeland (1985), sivut 112–117.
420. Fyysisen symbolijärjestelmän hypoteesi: Newell & Simon (1976, s. 116) Historiallinen merkitys: McCorduck (2004, s. 153), Russell & Norvig (2021, s. 19)
421. Moravecin paradoksi: Moravec (1988, s. 15–16), Minsky (1986, s. 29), Pinker (2007, s. 190–191)
422. Dreyfusin tekoälykriitikki: Dreyfus (1972), Dreyfus & Dreyfus (1986) Historiallinen merkitys ja filosofiset seuraukset: Crevier (1993, s. 120–132), McCorduck (2004, s. 211–239), Russell & Norvig (2021, s. 981–982), Fearn (2007, luku 3)
423. Crevier (1993), s. 125.
424. Langley (2011).
425. Katz (2012).
426. Siistit vs. huolimattomat, historiallinen väittely: McCorduck (2004, s. 421–424, 486–489), Crevier (1993, s. 168), Nilsson (1983, s. 10–11), Russell & Norvig (2021, s. 24) Klassinen esimerkki "epäsiististä" lähestymistavasta älykkyyteen: Minsky (1986) Moderni esimerkki siististä tekoälystä ja sen pyrkimyksistä 2000-luvulla: Domingos (2015)
427. Pennachin & Goertzel (2007).
428. Roberts (2016).
429. Russell & Norvig (2021), s. 986.
430. Chalmers (1995).
431. Dennett (1991).
432. Horst (2005).
433. Searle (1999).
434. Searle (1980), s. 1.
435. Russell & Norvig (2021), s. 9817.
436. Searlen kiinalaisen huoneen argumentti: Searle (1980). Searlen alkuperäinen esitys ajatuskokeesta., Searle (1999). Keskustelu: Russell & Norvig (2021, s. 985), McCorduck (2004, s. 443–445), Crevier (1993, s. 269–271)
437. Leith, Sam (7. heinäkuuta 2022). "Nick Bostrom: Kuinka voimme olla varmoja, ettei kone ole tietoinen?" (<https://www.spectator.co.uk/article/nick-bostrom-how-can-we-be-certain-a-machine-isn't-conscious>). *Katsoja* Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20240926155639/https://www.spectator.co.uk/article/nick-bostrom-how-can-we-be-certain-a-machine-isn't-conscious/>) alkuperäisestä 26. syyskuuta 2024. Haettu 23. helmikuuta 2024.

438. Thomson, Jonny (31. lokakuuta 2022). "Miksi roboteilla ei ole oikeuksia?" (<https://bigthink.com/thinking/why-dont-robots-have-rights>). *Iso ajatus* Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20240913055336/https://bigthink.com/thinking/why-dont-robots-have-rights/>) alkuperäisestä 13. syyskuuta 2024. Haettu 23. helmikuuta 2024.
439. Kateman, Brian (24. heinäkuuta 2023). "Tekoälyn pitäisi pelätä ihmisiä" (<https://time.com/6296234/ai-should-be-terrified-of-humans>). *Aika* Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20240925041601/https://time.com/6296234/ai-should-be-terrified-of-humans/>) alkuperäisestä 25. syyskuuta 2024. Haettu 23. helmikuuta 2024.
440. Wong, Jeff (10. heinäkuuta 2023). "Mitä johtajien on tiedettävä robottien oikeuksista" (<https://www.fastcompany.com/90920769/what-leaders-need-to-know-about-robot-rights>). *Nopea yritys*.
441. Hern, Alex (12. tammikuuta 2017). "EU:n komitean mukaan roboteille pitäisi antaa 'persoonallisuuden' asema" (<https://www.theguardian.com/technology/2017/jan/12/give-robots-personhood-status-eu-committee-argues>). *The Guardian*. ISSN 0261-3077 (<https://search.worldcat.org/issn/0261-3077>). Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20241005171222/https://www.theguardian.com/technology/2017/jan/12/give-robots-personhood-status-eu-committee-argues>) alkuperäisestä 5. lokakuuta 2024. Haettu 23. helmikuuta 2024.
442. Dovey, Dana (14. huhtikuuta 2018). "Asiantuntijat eivät usko, että roboteilla pitäisi olla oikeuksia" (<https://www.newsweek.com/robots-human-rights-electronic-persons-humans-versus-machines-886075>). *Newsweek* Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20241005171333/https://www.newsweek.com/robots-human-rights-electronic-persons-humans-versus-machines-886075>) alkuperäisestä 5. lokakuuta 2024. Haettu 23. helmikuuta 2024.
443. Cuddy, Alice (13. huhtikuuta 2018). "Robottien oikeudet loukkaavat ihmisoikeuksia, asiantuntijat varoittavat EU:ta" (<https://www.euronews.com/2018/04/13/robot-rights-violate-human-rights-experts-warn-eu>). *Euronews* Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20240919022327/https://www.euronews.com/2018/04/13/robot-rights-violate-human-rights-experts-warn-eu>) alkuperäisestä 19. syyskuuta 2024. Haettu 23. helmikuuta 2024.
444. Älykkyyden räjähdys ja teknologinen singulariteetti: Russell & Norvig (2021, s. 1004–1005), Omohundro (2008), Kurzweil (2005) IJ Goodin "älykkyyden räjähdys": Good (1965) Vernor Vingen "singulariteetti": Vinge (1993)
445. Russell & Norvig (2021), s. 1005.
446. Transhumanismi: Moravec (1988), Kurzweil (2005), Russell & Norvig (2021, s. 1005)
447. Tekoäly evoluutiona: Edward Fredkininä lainataan teoksissa McCorduck (2004, s. 401), Butler (1863), Dyson (1998).
448. Tekoäly myyteissä: McCorduck (2004, s. 4–5)
449. McCorduck (2004), sivut 340–400.
450. Buttazzo (2001).
451. Anderson (2008).
452. McCauley (2007).
453. Galvan (1997).

Tekoälyoppikirjat

Kaksi eniten käytettyä oppikirja vuonna 2023 (katso Open Syllabus (<https://explorer.opensyllabus.org/result/field?id=Computer+Science>)):

- Russell, Stuart J.; Norvig, Peter (2021). *Tekoäly: moderni lähestymistapa* (4. painos). Hoboken: Pearson. ISBN 978-0-1346-1099-3. LCCN 20190474 (<https://lccn.loc.gov/20190474>).
- Rich, Elaine; Ritari, Kevin; Nair, Shivashankar B (2010). *Tekoäly* (3. painos). New Delhi: Tata McGraw Hill Intia. ISBN 978-0-0700-8770-5.

Neljä eniten käytettyä tekoälyoppikirja vuonna 2008:

- Luger, George; Stubblefield, William (2004). *Tekoäly: Rakenteet ja strategiat tekoälylle* Monimutkainen ongelmanratkaisu (<https://archive.org/details/artificialintell0000luge>) (5. painos). Benjamin/Cummings. ISBN 978-0-8053-4780-7. Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/2020072620613/https://archive.org/details/artificialintell0000luge>) alkuperäisestä 26. heinäkuuta 2020. Haettu 17. joulukuuta 2019.
- Nilsson, Nils (1998). *Tekoäly: Uusi synteesi* (<https://archive.org/details/artificialintell0000nils>). Morgan Kaufmann. ISBN 978-1-5586-0467-4. Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20200726131654/https://archive.org/details/artificialintell0000nils>) alkuperäisestä 26. heinäkuuta 2020. Haettu 18. marraskuuta 2019.
- Russell, Stuart J.; Norvig, Peter (2003). *Tekoäly: moderni lähestymistapa* (<http://aima.cs.berkeley.edu/>) (2. painos), Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall, ISBN 0-13-790395-2.
- Poole, David; Mackworth, Alan; Goebel, Randy (1998). *Laskennallinen älykkyyss: Looginen Lähestyä* (<https://archive.org/details/computationalint00pool>). New York: Oxford University Press. ISBN 978-0-1951-0270-3. Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20200726131436/https://archive.org/details/computationalint00pool>) alkuperäisestä 26. heinäkuuta 2020. Haettu 22. elokuuta 2020. Myöhempä painos: Poole, David; Mackworth, Alan (2017). *Tekoäly: Laskennallisten agenttien perusteet* (<http://artint.info/index.html>) (2. painos). Cambridge University Press. ISBN 978-1-1071-9539-4. Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20171207013855/http://artint.info/index.html>) alkuperäisestä 7. joulukuuta 2017. Haettu 6. joulukuuta 2017.

Muita oppikirjoja:

- Ertel, Wolfgang (2017). *Johdatus tekoälyyn* (2. painos). Springer. ISBN 978-3-3195-8486-7.
- Ciaramella, Alberto; Ciaramella, Marco (2024). *Johdatus tekoälyyn: data-analyysistä generatiiviseen tekoälyyn* (1. painos). Intellisemantic Editions. ISBN 978-8-8947-8760-3.

Tekoälyn historia

Crevier, Daniel (1993). *AI: Myrskyisä tekoälyn etsintä* New York, NY: BasicBooks. ISBN 0-465-02997-3.

McCorduck, Pamela (2004). *Koneet, jotka ajattelevat* (2. painos), Natick, Massachusetts: AK Peters, ISBN 1-5688-1205-1.

Newquist, HP (1994). *Aivojen tekijät: Nerous, ego ja ahneus koneiden etsinnässä Se ajattelee* New York: Macmillan/SAMS. ISBN 978-0-6723-0412-5.

Harmon, Paul; Sawyer, Brian (1990). *Asiantuntijajärjestelmien luominen yrityksille ja teollisuudelle. Esipuhe, kirjoittanut Dr. Edward Feigenbaum*. New York: John Wiley & Sons. ISBN 0471614963.

Muut lähteet

Tekoäly ja koneoppiminen fuusiossa (<https://suli.pppl.gov/2023/course/Rea-PPPL-SULI2023.pdf>)

Tekoäly ja koneoppiminen fuusiossa, videoluento (https://drive.google.com/file/d/1npCTr8XJn20ZGDA_DfMpANuQZFMzKPh/view?usp=drive_link) Arkistoitu (https://web.archive.org/web/20230702164332/https://drive.google.com/file/d/1npCTr8XJn20ZGDA_DfMpANuQZFMzKPh/view?usp=drive_link) 2. heinäkuuta 2023 Wayback Machinessa

- Alter, Alexandra; Harris, Elizabeth A. (20. syyskuuta 2023), "Franzen, Grisham ja muut
"Tunnetut kirjailijat haastavat OpenAI:n oikeuteen" (https://www.nytimes.com/2023/09/20/books/authors-open-ai-lawsuit-chatgpt-copyright.html?campaign_id=2&emc=edit_th_20230921&instance_id=103259&nl=todaysheadlines&i_id=62816440&segment_id=145288&user_id=ad24f3545dae0ec44284a38bb4a88f1d), *New York Times*, arkistoitu (https://web.archive.org/web/20240914155020/https://www.nytimes.com/2023/09/20/books/authors-openai-lawsuit-chatgpt-co-pyright.html?campaign_id=2&emc=edit_th_20230921&instance_id=103259&nl=todaysheadlines&i_id=62816440&segment_id=145288&user_id=ad24f3545dae0ec44284a38bb4a88f1d) alkuperäisestä 14. syyskuuta 2024, noudettu 5. lokakuuta 2024
- Altman, Sam; Brockman, Greg; Sutskever, Ilya (22. toukokuuta 2023). "Hallinto
"Supertiedustelu" (<https://openai.com/blog/governance-of-superintelligence>). *openai.com*
Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20230527061619/https://openai.com/blog/governance-of-superintelligence>) alkuperäisestä 27. toukokuuta 2023. Haettu 27. toukokuuta 2023.
- Anderson, Susan Leigh (2008). "Asimovin 'robotiikan kolme lakia' ja konemetaetiikka". *Tekoäly ja yhteiskunta*. **22**(4): 477–493. doi:10.1007/s00146-007-0094-5 (<https://doi.org/10.1007%2Fs00146-007-0094-5>). S2CID 1809459 (<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:1809459>).
- Anderson, Michael; Anderson, Susan Leigh (2011). *Koneetiikka* Cambridgeen yliopisto
Paina.
- Arntz, Melanie; Gregory, Terry; Zierahn, Ulrich (2016), "Automaation riski työpaikoille OECD-maissa
maat: Vertaileva analyysi", *OECD:n sosiaali-, työllisyys- ja maahanmuuttoasioiden
työpapereita* 189
- Asada, M.; Hosoda, K.; Kuniyoshi, Y.; Ishiguro, H.; Inui, T.; Yoshikawa, Y.; Ogino, M.; Yoshida, C. (2009). "Kognitiivinen kehitysrobotiikka: kyselytutkimus". *IEEE:n autonomista mielenkehitystä
koskevat julkaisut*. **1**(1): 12–34. Bibliokoodi: 2009ITAMD...1...12A (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2009ITAMD...1...12A>). doi:10.1109/tamd.2009.2021702 (<https://doi.org/10.1109%2Ftamd.2009.2021702>). S2CID 10168773 (<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:10168773>).
- "Kysy tekölyasiantuntijoilta: Mikä on tekölyn tämänhetkisen kehityksen ajuri?" (<https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-analytics/our-insights/ask-the-ai-experts-whats-driving-todays-progress-in-ai>). *McKinsey & Company* Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20180413190018/https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-analytics/our-insights/ask-the-ai-experts-whats-driving-todays-progress-in-ai>) alkuperäisestä 13. huhtikuuta 2018. Haettu 13. huhtikuuta 2018.
- Barfield, Woodrow; Pagallo, Ugo (2018). *Tutkimuskäsikirja tekölyn oikeudesta*. Cheltenham, Iso-Britannia: Edward Elgar Publishing. ISBN 978-1-7864-3904-8. OCLC 1039480085 (<https://search.worldcat.org/oclc/1039480085>).
- Beal, J.; Winston, Patrick (2009), "Ihmistason tekölyn uusi rajaseutu", *IEEE:n älykkääät järjestelmät*. **24**(4): 21–24, Bibcode: 2009IISys..24d..21B (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2009IISys..24d..21B>), doi: 10.1109/MIS.2009.75 (<https://doi.org/10.1109%2FMIS.2009.75>), hdl: 1721.1/52357 (<https://hdl.handle.net/1721.1%2F52357>), S2CID 32437713 (<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:32437713>).
- Berdahl, Carl Thomas; Baker, Lawrence; Mann, Sean; Osoba, Osonde; Girosi, Federico (7 helmikuuta 2023). "Strategiat tekölyn vaikutuksen parantamiseksi terveydenhuollon tasa-arvoon: laajuuden tarkastelu" (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC11041459>). *JMIR-tekoäly*. **2**: e42936. doi:10.2196/42936 (<https://doi.org/10.2196%2F42936>). ISSN 2817-1705 (<https://search.worldcat.org/issn/2817-1705>). PMC 11041459 (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC11041459>). PMID 38875587 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38875587>). S2CID 256681439 (<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:256681439>).

- Berryhill, Jamie; Heang, Kévin Kok; Clogher, Rob; McBride, Keegan (2019). *Hei maailma: Tekoäly ja sen käyttö julkisella sektorilla* (<https://oecd-opsi.org/wp-content/uploads/2019/11/AI-Report-Online.pdf>) (PDF). Pariisi: OECD:n julkisen sektorin innovaatioiden observatorio.
- Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20191220021331/https://oecd-opsi.org/wp-content/uploads/2019/11/AI-Report-Online.pdf>) (PDF) alkuperäisestä 20. joulukuuta 2019. Haettu 9. elokuuta 2020.
- Bertini, M; Del Bimbo, A; Torniai, C (2006). "Automaattinen huomautus ja semanttinen haku videosekvenssejä multimediaontologioiden avulla". *MM '06 14. ACM:n kansainväisen multimediamarkkinoiden ja teknologien konferenssin julkaisut 14*. ACM:n kansainvälinen multimediamarkkinointi ja teknologia. Santa Barbara: ACM. s. 679–682.
- Boström, Nick (2014). *Superäly: Polut, vaarat, strategiat*. Oxfordin yliopiston kustantamo.
- Bostrom, Nick (2015). "Mitä tapahtuu, kun tietokoneistamme tulee meitä älykkäämpiä?" (https://www.ted.com/talks/nick_bostrom_what_happens_when_our_computers_get_smarter_than_we_are_transcript). TED (konferenssi). Arkistoitu (https://web.archive.org/web/20200725005719/https://www.ted.com/talks/nick_bostrom_what_happens_when_our_computers_get_smarter_than_we_are/transcript) alkuperäisestä 25. heinäkuuta 2020. Haettu 30. tammikuuta 2020.
- Brooks, Rodney (10. marraskuuta 2014). "tekoäly on työkalu, ei uhka" (<https://web.archive.org/web/20141112130954/http://www.rethinkrobotics.com/artificial-intelligence-tool-threat>). Arkistoitu alkuperäisestä (<http://www.rethinkrobotics.com/artificial-intelligence-tool-threat>) 12. marraskuuta 2014.
- Brooks, Rodney (1990). "Norsut eivät pelaa shakkia" (<http://people.csail.mit.edu/brooks/papers/elephant.pdf>) (PDF). *Robotiikka ja autonomiset järjestelmät*. **6**(1–2): 3–15. CiteSeerX 10.1.1.588.7539 (<https://citeseeerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.588.7539>). doi:10.1016/S0921-8890(05)80025-9 (<https://doi.org/10.1016%2FS0921-8890%2805%2980025-9>). Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20070809020912/http://people.csail.mit.edu/brooks/papers/elephants.pdf>) (PDF) alkuperäisestä 9. elokuuta 2007.
- Buitenhuis, Miriam C (2019). "Kohti tekoälyn älykästä säädelyä" (<https://doi.org/10.1017/Ferr.2019.8>). *Euroopan riskienhallinnan aikakauslehti*. **10**(1): 41–59. doi:10.1017/Ferr.2019.8. ISSN 1867-299X (<https://search.worldcat.org/issn/1867-299X>).
- Bushwick, Sophie (16. maaliskuuta 2023), "Mitä uusi GPT-4-tekoäly pystyy tekemään" (<https://www.scientificamerican.com/article/what-the-new-gpt-4-ai-can-do/>), *Tieteellinen amerikkalainen*, arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20230822233655/https://www.scientificamerican.com/article/what-the-new-gpt-4-ai-can-do/>) alkuperäisestä 22. elokuuta 2023, haettu 5. lokakuuta 2024
- Butler, Samuel (13. kesäkuuta 1863). "Darwin koneiden keskellä" (<https://nzetc.victoria.ac.nz/tm/scholarly/tei-ButFir-t1-g1-t1-g1-t4-body.html>). Lukijakirjeet. *Lehdistö Christchurch*, Uusi-Seelanti. Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20080919172551/http://www.nzetc.org/tm/scholarly/tei-ButFir-t1-g1-t1-g1-t4-body.html>) alkuperäisestä 19. syyskuuta 2008. Haettu 16. lokakuuta 2014 – Wellingtonin Victoria-yliopiston kautta.
- Buttazzo, G. (heinäkuu 2001). "Keinotekoinen tietoisuus: utopiaa vai todellinen mahdollisuus?". *Tietokone*. **34**(7): 24–30. Bibliografiakoodi: 2001Compr..34g..24B (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2001Compr..34g..24B>). doi:10.1109/2.933500 (<https://doi.org/10.1109%2F2.933500>).
- Cambria, Erik; White, Bebo (toukokuu 2014). "NLP-käyrien hyppiminen: Luonnollisen kielen katsaus Prosessointitutkimus [Artikkeli katsaus]". *IEEE:n laskennallisen älykkyyden aikakauslehti*. **9**(2): 48–57. doi:10.1109/MCI.2014.2307227 (<https://doi.org/10.1109%2FMCI.2014.2307227>). S2CID 206451986 (<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:206451986>).
- Cellan-Jones, Rory (2. joulukuuta 2014). "Stephen Hawking varoittaa, että tekoäly voisi ihmiskunnan loppu" (<https://www.bbc.com/news/technology-30290540>). BBC:n uutiset Arkistoitu (<http://web.archive.org/web/20151030054329/http://www.bbc.com/news/technology-30290540>) alkuperäisestä 30. lokakuuta 2015. Haettu 30. lokakuuta 2015.

- Chalmers, David (1995). "Kohtaamassa tietoisuuden ongelmaa" (<http://www.imprint.co.uk/chalmers.html>). *Tietoisuustutkimusten lehti*.2(3): 200–219.
CiteSeerX 10.1.1.103.8362 (<https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.103.8362>).
Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20050308163649/http://www.imprint.co.uk/chalmers.html>) alkuperäisestä 8. maaliskuuta 2005. Haettu 11. lokakuuta 2018.
- Challa, Subhash; Moreland, Mark R.; Mušicki, Darko; Evans, Robin J. (2011). *Perusteet Kohteen seuranta* Cambridge University Press. doi:10.1017/CBO9780511975837 (<https://doi.org/10.1017%2FCBO9780511975837>). ISBN 978-0-5218-7628-5.
- Christian, Brian (2020). *Kohdistusongelma: Koneoppiminen ja ihmilliset arvot*. WW Norton & Company. ISBN 978-0-3938-6833-3. OCLC 1233266753 (<https://search.worldcat.org/oclc/1233266753>).
- Ciresan, D.; Meier, U.; Schmidhuber, J. (2012). "Monisarakkeiset syvä neuroverkot kuvien analysointiin" luokitus". *Vuoden 2012 IEEE-konferenssi konenäöstä ja hahmontunnistuksesta*. 3642–3649. arXiv:1202.2745 (<https://arxiv.org/abs/1202.2745>). doi:10.1109/cvpr.2012.6248110 (<https://doi.org/10.1109%2Fcpr.2012.6248110>). ISBN 978-1-4673-1228-8. S2CID 2161592 (<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:2161592>).
- Clark, Jack (2015b). "Miksi vuosi 2015 oli läpimurtovuosi tekoälyn alalla" (<https://www.bloomberg.com/news/articles/2015-12-08/why-2015-was-a-breakthrough-year-in-artificial-intelligence>). *Bloomberg.com* Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20161123053855/https://www.bloomberg.com/news/articles/2015-12-08/why-2015-was-a-breakthrough-year-in-artificial-intelligence>) alkuperäisestä 23. marraskuuta 2016. Haettu 23. marraskuuta 2016.
- CNA (12. tammikuuta 2019). "Kommentti: Huonoja uutisia. Tekoäly on puolueellinen" (<https://www.channelnewsasia.com/news/commentary/artificial-intelligence-big-data-bias-hiring-loans-keychallenge-11097374>). *CNA* Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20190112104421/https://www.channelnewsasia.com/news/commentary/artificial-intelligence-big-data-bias-hiring-loan-s-key-challenge-11097374>) alkuperäisestä 12. tammikuuta 2019. Haettu 19. kesäkuuta 2020.
- Cybenko, G. (1988). Jatkuvasti arvostetut neuroverkot, joissa on kaksi pilottettua kerrostaa, ovat riittäviä (Raportti). Tietojenkäsittelytieteen laitos, Tuftsin yliopisto.
- Deng, L.; Yu, D. (2014). "Syväoppiminen: Menetelmät ja sovellukset" (<http://research.microsoft.com/pubs/209355/DeepLearning-NowPublishing-Vol7-SIG-039.pdf>) (PDF). *Signaalinkäsittelyn perusteet ja trendit*.7(3–4): 197–387. doi:10.1561/2000000039 (<https://doi.org/10.1561%2F2000000039>). Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20160314152112/http://research.microsoft.com/pubs/209355/DeepLearning-NowPublishing-Vol7-SIG-039.pdf>) (PDF) alkuperäisestä 14. maaliskuuta 2016. Haettu 18. lokakuuta 2014.
- Dennett, Daniel (1991). *Tietoisuus selitetty* Penguin Press. ISBN 978-0-7139-9037-9.
- DiFeliciano, Chase (3. huhtikuuta 2023). "Tekoäly on jo muuttanut maailmaa. Tämä raportti osoittaa, miten" (<https://www.sfchronicle.com/tech/article/ai-artificial-intelligence-report-stanford-17869558.php>). *San Francisco Chronicle* Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20230619015309/https://www.sfchronicle.com/tech/article/ai-artificial-intelligence-report-stanford-17869558.php>) alkuperäisestä 19. kesäkuuta 2023. Haettu 19. kesäkuuta 2023.
- Dickson, Ben (2. toukokuuta 2022). "Koneoppiminen: Mikä on muuntaja-arkkitehtuuri?" (<https://bdtechtalks.com/2022/05/02/what-is-the-transformer>). *TechTalks* Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20231122142948/https://bdtechtalks.com/2022/05/02/what-is-the-transformer/>) alkuperäisestä 22. marraskuuta 2023. Haettu 22. marraskuuta 2023.
- Dockrill, Peter (27. kesäkuuta 2022), "Virheellisen tekoälyn omaavat robotit tekevät seksistisiä ja rasistisia päätöksiä", "Kokeilu osoittaa" (<https://web.archive.org/web/20220627225827/https://www.sciencealert.com/robots-with-flawed-ai-make-sexist-racist-and-toxic-decisions-experiment-shows>), *Tiedehälytys*, arkistoitu alkuperäisestä (<https://www.sciencealert.com/robots-with-flawed-ai-make-sexist-racist-and-toxic-decisions-experiment-shows>) 27. kesäkuuta 2022
- Domingos, Pedro (2015). *Mestarialgoritmi: Kuinka pyrkimys perimmäiseen oppimiseen Kone tekee maailmamme uudelleen* Peruskirjat. ISBN 978-0-4650-6570-7.

- Dreyfus, Hubert (1972). *Mitä tietokoneet eivät osaa*. New York: MIT Press. ISBN 978-0-0601-1082-6.
- Dreyfus, Hubert ja Dreyfus, Stuart (1986). *Mielikoneen yli: Ihmisen intuition voima ja Asiantuntemusta tietokoneiden aikakaudella* (<https://archive.org/details/mindovermachinep00drey>). Oxford: Blackwell. ISBN 978-0-0290-8060-3. Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20200726131414/https://archive.org/details/mindovermachinep00drey>) alkuperäisestä 26. heinäkuuta 2020. Haettu 22. elokuuta 2020.
- Dyson, George (1998). *Darwin koneiden joukossa* (<https://archive.org/details/darwinamongmachio00dys0>). Allan Lane Science. ISBN 978-0-7382-0030-9. Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20200726131443/https://archive.org/details/darwinamongmachi00dys0>) alkuperäisestä 26. heinäkuuta 2020. Haettu 22. elokuuta 2020.
- Edelson, Edward (1991). *Hermosta* (<https://archive.org/details/nervoussystem0000edel>). New York: Chelsea House. ISBN 978-0-7910-0464-7. Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20200726131758/https://archive.org/details/nervoussystem0000edel>) alkuperäisestä 26. heinäkuuta 2020. Haettu 18. marraskuuta 2019.
- Edwards, Benj (17. toukokuuta 2023). "Kysely: Tekoäly on ihmiskunnalle uhka, enemmistö vastaan jista..." "amerikkalaiset" (<https://arstechnica.com/information-technology/2023/05/poll-61-of-americans-say-ai-threatens-humanitys-future>). *Ars Technica* Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20230619013608/https://arstechnica.com/information-technology/2023/05/poll-61-of-americans-say-ai-threatens-humanitys-future>) alkuperäisestä 19. kesäkuuta 2023. Haettu 19. kesäkuuta 2023.
- Fearn, Nicholas (2007). *Uusimmat vastaukset vanhimpiaan kysymyksiin: Filosofinen seikkailu maailman suurimpien ajattelijoiden kanssa*. New York: Grove Press. ISBN 978-0-8021-1839-4.
- Ford, Martin; Colvin, Geoff (6. syyskuuta 2015). "Luovatko robotit enemmän työpaikkoja kuin ne luovat?" "tuhota?" (<https://www.theguardian.com/technology/2015/sep/06/will-robots-create-destroy-jobs>). *The Guardian* Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20180616204119/https://www.theguardian.com/technology/2015/sep/06/will-robots-create-destroy-jobs>) alkuperäisestä 16. kesäkuuta 2018. Haettu 13. tammikuuta 2018.
- Fox News (2023). "Fox Newsin kysely" (https://static.foxnews.com/foxnews.com/content/uploads/2023/05/Fox_April-21-24-2023_Complete_National_Topline_May-1-Release.pdf) (PDF). Fox News. Arkistoitu (https://web.archive.org/web/20230512082712/https://static.foxnews.com/foxnews.com/content/uploads/2023/05/Fox_April-21-24-2023_Complete_National_Topline_May-1-Release.pdf) (PDF) alkuperäisestä 12. toukokuuta 2023. Haettu 19. kesäkuuta 2023.
- Frey, Carl Benedikt; Osborne, Michael A (1. tammikuuta 2017). "Työllisyysten tulevaisuus: Miten ovatko työpaikat alittia tietokoneistamiseen? *Teknologinen ennustaminen ja yhteiskunnallinen muutos*. **114**: 254–280. CiteSeerX 10.1.1.395.416 (<https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.395.416>). doi:10.1016/j.techfore.2016.08.019 (<https://doi.org/10.1016%2Fj.techfor.2016.08.019>). ISSN 0040-1625 (<https://search.worldcat.org/issn/0040-1625>).
- "Toimimattomuudesta neuroverkkoihin" (<https://www.economist.com/news/special-report/21700756-tekoalybumiin-perustuva-vanha-idea-moderni-kierre-ei>). *The Economist*. 2016. Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20161231203934/https://www.economist.com/news/special-report/21700756-artificial-intelligence-boom-based-old-idea-modern-twist-not>) alkuperäisestä 31. joulukuuta 2016. Haettu 26. huhtikuuta 2018.
- Galvan, Jill (1. tammikuuta 1997). "Posthumanistisen kollektiivin astuminen Philip K. Dickin teoksessa "Do" Androidit unelmoivat sähkölampaista?" *Tieteisfiktiotutkimukset*. **24**(3): 413–429. doi:10.1525/sfs.24.3.0413 (<https://doi.org/10.1525%2Fsfs.24.3.0413>). JSTOR 4240644 (<https://www.jstor.org/stable/4240644>).
- Geist, Edward Moore (9. elokuuta 2015). "Onko tekoäly todella eksistentiaalinen uhka ihmiskunta?" (<http://thebulletin.org/artificial-intelligence-really-existential-threat-humanity8577>). *Atomiteilijöiden tiedote* Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20151030054330/http://thebulletin.org/artificial-intelligence-really-existential-threat-humanity8577>) alkuperäisestä 30. lokakuuta 2015. Haettu 30. lokakuuta 2015.

Gibbs, Samuel (27. lokakuuta 2014). "Elon Musk: tekoäly on suurin eksistentiaalinen voimamme" uhka" (<https://www.theguardian.com/technology/2014/oct/27/elon-musk-artificial-intelligence-ai-biggest-existential-threat>). *The Guardian* Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20151030054330/http://www.theguardian.com/technology/2014/oct/27/elon-musk-artificial-intelligence-ai-biggest-existential-threat>) alkuperäisestä 30. lokakuuta 2015. Haettu 30. lokakuuta 2015.

Goffrey, Andrew (2008). "Algoritmi". Teoksessa Fuller, Matthew (toim.). *Ohjelmistotutkimus: sanasto* ([http://archive.org/details/softwarestudiesl00full_007](https://archive.org/details/softwarestudiesl00full_007)). Cambridge, Massachusetts: MIT Press. s. 15 (http://archive.org/details/softwarestudiesl00full_007/page/n29)–20. ISBN 978-1-4356-4787-9.

Goldman, Sharon (14. syyskuuta 2022). "10 vuotta myöhemmin syväoppimisen 'vallankumous' raivoaa edelleen, sanotaan" Tekoälyn pioneerit Hinton, LeCun ja Li" (<https://venturebeat.com/ai/10-years-on-ai-pioneers-hinton-lecun-li-say-deep-learning-revolution-will-continue>). *VentureBeat* Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20241005171338/https://venturebeat.com/ai/10-years-on-ai-pioneers-hinton-lecun-li-say-deep-learning-revolution-will-continue/>) alkuperäisestä 5. lokakuuta 2024. Haettu 8. joulukuuta 2023.

Hyvä, IJ (1965). *Spekulaatioita ensimmäisestä ultraälykkäästä koneesta* (<https://exhibits.stanford.edu/feigenbaum/catalog/gz727rg3869>), arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20230710131733/https://exhibits.stanford.edu/feigenbaum/catalog/gz727rg3869>) alkuperäisestä 10. heinäkuuta 2023, haettu 5. lokakuuta 2024

Goodfellow, Ian; Bengio, Yoshua; Courville, Aaron (2016). *Syväoppiminen* (<https://web.archive.org/web/20160416111010/http://www.deeplearningbook.org>), MIT Press., arkistoitu alkuperäisestä (<http://www.deeplearningbook.org>) 16. huhtikuuta 2016, haettu 12. marraskuuta 2017

Goodman, Bryce; Flaxman, Seth (2017). "EU:n säädökset algoritmista päättöksenteosta ja 'oikeus selitykseen'". *AI-lehti* 38(3): 50. arXiv: 1606.08813 (<https://arxiv.org/abs/1606.08813>). doi:10.1609/aimag.v38i3.2741 (<https://doi.org/10.1609%2Faimag.v38i3.2741>). S2CID 7373959 (<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:7373959>).

Valtion tilintarkastusvirasto (13. syyskuuta 2022). Kuluttajatiedot: Lisääntyvä käyttöasennot Yksityisyiden riskit (<https://www.gao.gov/products/gao-22-106096>). *gao.gov* (Raportti). Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20240913011410/https://www.gao.gov/products/gao-22-106096>) alkuperäisestä 13. syyskuuta 2024. Haettu 5. lokakuuta 2024.

Grant, Nico; Hill, Kashmir (22. toukokuuta 2023). "Googlen valokuvavallitus ei vieläkään löydä gorilloja. Ja Eikä Applenkaan" (<https://www.nytimes.com/2023/05/22/technology/ai-photo-labels-google-apple.html>). *New York Times* Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20240914155032/https://www.nytimes.com/2023/05/22/technology/ai-photo-labels-google-apple.html>) alkuperäisestä 14. syyskuuta 2024. Haettu 5. lokakuuta 2024.

Goswami, Rohan (5. huhtikuuta 2023). "Tässä ovat tekoälyn työpaikat" (<https://www.cnbc.com/2023/04/05/ai-jobs-see-the-state-by-state-data-from-a-stanford-study.html>). *CNBC* Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20230619015309/https://www.cnbc.com/2023/04/05/ai-jobs-see-the-state-by-state-data-from-a-stanford-study.html>) alkuperäisestä 19. kesäkuuta 2023. Haettu 19. kesäkuuta 2023.

Harari, Yuval Noah (lokakuu 2018). "Miksi teknologia suosii tyranniaa" (<https://www.theatlantic.com/com/magazine/archive/2018/10/yuval-noah-harari-technology-tyranny/568330>). *Atlantic* Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20210925221449/https://www.theatlantic.com/com/magazine/archive/2018/10/yuval-noah-harari-technology-tyranny/568330>) alkuperäisestä 25. syyskuuta 2021. Haettu 23. syyskuuta 2021.

Harari, Yuval Noah (2023). "Tekoäly ja ihmiskunnan tulevaisuus" (<https://www.youtube.com/watch?v=LWiM-LuRe6w>). *YouTube* Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20240930110823/https://www.youtube.com/watch?v=LWiM-LuRe6w>) alkuperäisestä 30. syyskuuta 2024. Haettu 5. lokakuuta 2024.

Haugeland, John (1985). *Tekoäly: Itse idea* Cambridge, Massachusetts: MIT Press.
ISBN-numero 978-0-2620-8153-5.

Hinton, G.; Deng, L.; Yu, D.; Dahl, G.; Mohamed, A.; Jaitly, N.; Seniori, A.; Vanhoucke, V.; Nguyen, P.; Sainath, T.; Kingsbury, B. (2012). "Syvä neuroverkot akustiseen mallintamiseen puheentunnistuksessa – neljän tutkimusryhmän yhteiset näkemykset". *IEEE Signal Processing -lehti*. **29**(6): 82–97. Bibcode: 2012ISPM...29...82H (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2012ISPM...29...82H>). doi:10.1109/msp.2012.2205597 (<https://doi.org/10.1109%2Fmsp.2012.2205597>). S2CID 206485943 (<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:206485943>).

Holley, Peter (28. tammikuuta 2015). "Bill Gates teköälyn vaaroista: 'En usko' ymmärrä, miksi jotkut ihmiset eivät ole huolissaan' " (<https://www.washingtonpost.com/news/the-switch/wp/2015/01/28/bill-gates-on-dangers-of-artificial-intelligence-dont-understand-why-jotkut-ihmiset-eivät-ole-huolestuneita>). *Washington Post*. ISSN 0190-8286 (<https://search.worldcat.org/issn/0190-8286>). Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20151030054330/https://www.washingtonpost.com/news/the-switch/wp/2015/01/28/bill-gates-on-dangers-of-artificialintelligence-dont-understand-why-some-people-are-not-concerned>) alkuperäisestä 30. lokakuuta 2015. Haettu 30. lokakuuta 2015.

Hornik, Kurt; Stinchcombe, Maxwell; White, Halbert (1989). *Monikerroksiset eteenpäin syöttävät verkot ovat universaaleja approksimaattoreita* (http://cognitivemedium.com/magic_paper/assets/Hornik.pdf) (PDF). *Neuroverkot* Nide 2. Pergamon Press. s. 359–366. Arkistoitu (https://web.archive.org/web/20230421140436/https://cognitivemedium.com/magic_paper/assets/Hornik.pdf) (PDF) alkuperäisestä 21. huhtikuuta 2023. Haettu 5. lokakuuta 2024.

Horst, Steven (2005). "Mielen laskennallinen teoria" (<http://plato.stanford.edu/entries/com-oletusmieli>). *Stanfordin filosofian tietosanakirja* Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20160306083748/http://plato.stanford.edu/entries/computational-mind>) alkuperäisestä 6. maaliskuuta 2016. Haettu 7. maaliskuuta 2016.

Howe, J. (marraskuu 1994). "Tekoäly Edinburghin yliopistossa: näkökulma" (<http://www.inf.ed.ac.uk/about/AIhistory.html>). Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20070515072641/http://www.inf.ed.ac.uk/about/AIhistory.html>) alkuperäisestä 15. toukokuuta 2007. Haettu 30. elokuuta 2007.

IGM Chicago (30. kesäkuuta 2017). "Robotit ja tekoäly" (<http://www.igmchicago.org/surveys/robotit-ja-tekoäly>). *igmchicago.org* Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20190501114826/http://www.igmchicago.org/surveys/robots-and-artificial-intelligence>) alkuperäisestä 1. toukokuuta 2019. Haettu 3. heinäkuuta 2019.

Iphofen, Ron; Kritikos, Mihalis (3. tammikuuta 2019). "Tekoälyn ja robotiikan säädely: sisäänrakennettu etiikka digitaalisessa yhteiskunnassa". *Nykyainen yhteiskuntatiede*. **16**(2): 170–184. doi:10.1080/21582041.2018.1563803 (<https://doi.org/10.1080%2F21582041.2018.1563803>). ISSN 2158-2041 (<https://search.worldcat.org/issn/2158-2041>). S2CID 59298502 (<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:59298502>).

Jordan, MI; Mitchell, TM (16. heinäkuuta 2015). "Koneoppiminen: Trendit, näkökulmat ja tulevaisuudennäkymät". *Tiede*. **349**(6245): 255–260. Bibliokoodi: 2015Sci...349..255J (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2015Sci...349..255J>). doi:10.1126/science.aaa8415 (<https://doi.org/10.1126%2Fscience.aaa8415>). PMID 26185243 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26185243>). S2CID 677218 (<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:677218>).

Kahneman, Daniel (2011). *Ajattelua, nopeaa ja hidasta* (<https://books.google.com/books?id=ZuKTvERuPG8C>). Macmillan. ISBN 978-1-4299-6935-2. Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20230315191803/https://books.google.com/books?id=ZuKTvERuPG8C>) alkuperäisestä 15. maaliskuuta 2023. Haettu 8. huhtikuuta 2012.

Kahneman, Daniel; Slovic, D.; Tversky, Amos (1982). "Arviointi epävarmuudessa: Heuristiikka ja ennakkoluuloja". *Tiede*. **185**(4157). New York: Cambridge University Press: 1124–1131. Bibliokoodi: 1974Sci...185.1124T (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/1974Sci...185.1124T>). doi:10.1126/science.185.4157.1124 (<https://doi.org/10.1126%2Fscience.185.4157.1124>). ISBN 978-0-5212-8414-1. PMID 17835457 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17835457>). S2CID 143452957 (<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:143452957>).

- Kasperowicz, Peter (1. toukokuuta 2023). "Tekoälyn säänteleminen? Republikaanit paljon skeptisempiä kuin demokraatit..." [hallitus voi tehdä sen oikein: kysely](https://www.foxnews.com/politics/regulate-ai-gop-much-more-skeptical-than-dems-that-the-government-can-do-it-right-poll) (<https://www.foxnews.com/politics/regulate-ai-gop-much-more-skeptical-than-dems-that-the-government-can-do-it-right-poll>). *Fox-uutiset* Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20230619013616/https://www.foxnews.com/politics/regulate-ai-gop-much-more-skeptical-than-dems-that-the-government-can-do-it-right-poll>) alkuperäisestä 19. kesäkuuta 2023. Haettu 19. kesäkuuta 2023.
- Katz, Yarden (1. marraskuuta 2012). "Noam Chomsky siitä, missä tekoäly meni pieleen" (https://www.theatlantic.com/technology/archive/2012/11/noam-chomsky-on-where-artificial-intelligence-went-wrong/261637/?single_page=true). *Atlanti* Arkistoitu (https://web.archive.org/web/20190228154403/https://www.theatlantic.com/technology/archive/2012/11/noam-chomsky-on-where-artificial-intelligence-went-wrong/261637/?single_page=true) alkuperäisestä 28. helmikuuta 2019. Haettu 26. lokakuuta 2014.
- "Kismet" (<http://www.ai.mit.edu/projects/humanoid-robotics-group/kismet/kismet.html>). MIT Tekoäylaboratorio, Humanoidirobotiikkaryhmä. Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20141017040432/http://www.ai.mit.edu/projects/humanoid-robotics-group/kismet/kismet.html>) alkuperäisestä 17. lokakuuta 2014. Haettu 25. lokakuuta 2014.
- Kissinger, Henry (1. marraskuuta 2021). "Ihmisenä olemisen haaste tekoälyn aikakaudella" (<https://www.wsj.com/articles/being-human-artifical-intelligence-ai-chess-antibiotic-philosophy-ethics-oikeusluettelo-11635795271>). *The Wall Street Journal* Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20211104012825/https://www.wsj.com/articles/being-human-artifical-intelligence-ai-chess-antibiotic-philosophy-ethics-bill-of-rights-11635795271>) alkuperäisestä 4. marraskuuta 2021. Haettu 4. marraskuuta 2021.
- Kobielus, James (27. marraskuuta 2019). "Grafiikkasuoittimet jatkavat tekoälykiihdyttimien markkinoiden dominoimista" "toistaiseksi" (<https://www.informationweek.com/ai-or-machine-learning/gpus-continue-to-dominate-the-ai-accelerator-market-for-now>). *InformationWeek* Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20211019031104/https://www.informationweek.com/ai-or-machine-learning/gpus-continue-to-dominate-the-ai-accelerator-market-for-now>) alkuperäisestä 19. lokakuuta 2021. Haettu 11. kesäkuuta 2020.
- Kuperman, GJ; Reichley, RM; Bailey, TC (1. heinäkuuta 2006). "Kaupallisen tiedon hyödyntäminen Kliinisen päätöksenteon tuen perusteet: mahdollisuudet, esteet ja suosituksen" (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1513681>). *Amerikan lääketieteellisen informatiikan yhdistyksen lehti*. **13**(4): 369–371. doi:10.1197/jamia.M2055 (<https://doi.org/10.1197/jamia.M2055>). PMC 1513681 (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1513681>). PMID 16622160 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16622160>).
- Kurzweil, Ray (2005). *Singulariteetti on lähellä* Penguin Books. ISBN 978-0-6700-3384-3.
- Langley, Pat (2011). "Koneoppimisen muuttuva tiede" (<https://doi.org/10.1007%2Fs10994-011-5242-y>). *Koneoppiminen*. **82**(3): 275–279. doi:10.1007/s10994-011-5242-y (<http://doi.org/10.1007%2Fs10994-011-5242-y>).
- Larson, Jeff; Angwin, Julia (23. toukokuuta 2016). "Kuinka analysoimme COMPASin uusiutumisraporttia Algoritmi" (<https://www.propublica.org/article/how-we-analyzed-the-compas-recidivism-algorithm>). *ProPublica* Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20190429190950/https://www.propublica.org/article/how-we-analyzed-the-compas-recidivism-algorithm>) alkuperäisestä 29. huhtikuuta 2019. Haettu 19. kesäkuuta 2020.
- Laskowski, Nicole (marraskuu 2023). "Mikä on tekoäly ja miten tekoäly toimii?" TechTarget" (<https://www.techtarget.com/searchenterpriseai/definition/AI-Artificial-Intelligence>). *Yritysten tekoäly* Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20241005171229/https://www.techtarget.com/searchenterpriseai/definition/AI-Artificial-Intelligence>) alkuperäisestä 5. lokakuuta 2024. Haettu 30. lokakuuta 2023.
- Yhdysvaltain kongressin lakikirjasto. Globaalinen oikeudellisen tutkimuksen osasto, myöntävä elin. (2019). *Tekoälyn säätely valituissa lainkäytöalueissa* LCCN 2019668143 (<https://lccn.loc.gov/2019668143>). OCLC 1110727808 (<https://search.worldcat.org/oclc/1110727808>).

Lee, Timothy B. (22. elokuuta 2014). "Tuhoaako tekoäly ihmiskunnan? Tässä on viisi syitä olla huolehtimatta" (<https://www.vox.com/2014/8/22/6043635/5-reasons-we-shouldnt-worry-about-super-intelligent-computers-taking>). Äänilehtiarkistoitu (<https://web.archive.org/web/20151030092203/http://www.vox.com/2014/8/22/6043635/5-reasons-we-shouldnt-worry-about-super-intelligent-computers-taking>) alkuperäisestä 30. lokakuuta 2015. Haettu 30. lokakuuta 2015.

Lenat, Douglas; Guha, RV (1989). *Suurten tietopohjaisten järjestelmien rakentaminen* Addison-Wesley. ISBN 978-0-2015-1752-1.

Lighthill, James (1973). "Tekoäly: Yleiskatsaus". *Tekoäly: artikkeli symposium/Tieteen tutkimusneuvosto*.

Lipartito, Kenneth (6. tammikuuta 2011), *Narratiivi ja algoritmi: Luoton lajityypit Raportointia 1800-luvulta nykypäivään* (https://mpra.ub.uni-muenchen.de/28142/1/MPRA_paper_28142.pdf) (PDF) (Julkaisematon käsikirjoitus), doi:10.2139/ssrn.1736283 (<https://doi.org/10.2139/ssrn.1736283>), S2CID 166742927 (<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:166742927>), arkistoitu (https://ghostarchive.org/archive/20221009/https://mpra.ub.uni-muenchen.de/28142/1/MPRA_paper_28142.pdf) (PDF) alkuperäisestä 9. lokakuuta 2022

Lohr, Steve (2017). "Robotit valtaavat työpaikkoja, mutta eivät niin nopeasti kuin jotkut pelkäävät, uusi raportti sanoo" (<https://www.nytimes.com/2017/01/12/technology/robots-will-take-jobs-but-not-as-fast-as-so-me-fear-new-report-says.html>). *New York Times* Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20180114073704/https://www.nytimes.com/2017/01/12/technology/robots-will-take-jobs-butnot-as-fast-as-some-fear-new-report-says.html>) alkuperäisestä 14. tammikuuta 2018. Haettu 13. tammikuuta 2018.

Lungarella, M.; Metta, G.; Pfeifer, R.; Sandini, G. (2003). "Kehitysrobotiikka: tutkimus". *Yhteystiede*. 15(4): 151–190. Bibliokoodi: 2003ConSc..15..151L (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2003ConSc..15..151L>). CiteSeerX 10.1.1.83.7615 (<https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.83.7615>). doi:10.1080/09540090310001655110 (<https://doi.org/10.1080%2F09540090310001655110>). S2CID 1452734 (<https://api.semanticscholar.org/card/pusID:1452734>).

"Koneetiikka" (<https://web.archive.org/web/20141129044821/http://www.aaai.org/Library/Symposias/syksy/fs05-06>). *AAAI* Arkistoitu (<http://www.aaai.org/Library/Symposias/Fall/fs05-06>) 29. marraskuuta 2014.

Madrigal, Alexis C. (27. helmikuuta 2015). "Tappajarobotteja vastaan esitetty oikeusjuttu, jonka on esittänyt mies, joka on itse asiassa..." "työskentelee tekoälyn parissa" (<https://www.hrw.org/report/2012/11/19/losing-humanity/case-against-killer-robots>). *Fusion.net* Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20160204175716/http://fusion.net/story/54583/the-case-against-killer-robots-from-a-guy-actually-building-ai>) alkuperäisestä 4. helmikuuta 2016. Haettu 31. tammikuuta 2016.

Mahdawi, Arwa (26. kesäkuuta 2017). "Mitä työpaikkoja on vielä 20 vuoden kuluttua? Lue tämä valmistautuaksesi" "tulevaisuutesi" (<https://www.theguardian.com/us-news/2017/jun/26/jobs-future-automation-robots-skills-creative-health>). *The Guardian* Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20180114021804/https://www.theguardian.com/us-news/2017/jun/26/jobs-future-automation-robots-skillscreative-health>) alkuperäisestä 14. tammikuuta 2018. Haettu 13. tammikuuta 2018.

Maker, Meg Houston (2006). *AI@50: AI menneisyys, nykyisyys, tulevaisuus* (https://web.archive.org/web/20081008120238/http://www.engagingexperience.com/2006/07/ai50_ai_past_pr.html), Dartmouth College, arkistoitu alkuperäisestä (http://www.engagingexperience.com/2006/07/ai50_ai_past_pr.html) 8. lokakuuta 2008, haettu 16. lokakuuta 2008

Marmouyet, Françoise (15. joulukuuta 2023). "Googlen Gemini: onko uusi tekoälymalli todella parempi" "kuin ChatGPT?" (<https://theconversation.com/googles-gemini-is-the-new-ai-model-really-better-than-chatgpt-219526>). *Keskustelu* Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20240304215625/https://theconversation.com/googles-gemini-is-the-new-ai-model-really-better-than-chatgpt-219526>) alkuperäisestä 4. maaliskuuta 2024. Haettu 25. joulukuuta 2023.

Minsky, Marvin (1986). *Mielen yhteiskunta*, Simon ja Schuster

- McCarthy, John; Minsky, Marvin; Rochester, Nathan; Shannon, Claude (1955). "Ehdotus "Dartmouthin kesätutkimusprojekti tekoälystä" (<https://web.archive.org/web/20070826230310/http://www-formal.stanford.edu/jmc/history/dartmouth/dartmouth.html>). Arkistoitu alkuperäisestä (<http://www-formal.stanford.edu/jmc/history/dartmouth/dartmouth.html>) 26. elokuuta 2007. Haettu 30. elokuuta 2007.
- McCarthy, John (2007), "Täältä ihmistason tekoälyyn", *Tekoäly*, s. 171
- McCarthy, John (1999), *Mikä on tekoäly?* (<http://jmc.stanford.edu/artificial-intelligence/what-is-ai/index.html>), arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20221204051737/http://jmc.stanford.edu/artificial-intelligence/what-is-ai/index.html>) alkuperäisestä 4. joulukuuta 2022, noudettu 4. joulukuuta 2022
- McCauley, Lee (2007). "Tekoälyn armageddon ja robotiikan kolme lakia". *Etiikka ja tiedot Teknologia*. 9(2): 153–164. CiteSeerX 10.1.1.85.8904 (<https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.85.8904>). doi:10.1007/s10676-007-9138-2 (<https://doi.org/10.1007%2Fs10676-007-9138-2>). S2CID 37272949 (<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:37272949>).
- McGarry, Ken (1. joulukuuta 2005). "Kysely tiedon kiinnostavuuden mittareista" löytö". *Tietotekniikan katsaus*. 20(1): 39–61. doi:10.1017/S0269888905000408 (<https://doi.org/10.1017%2FS0269888905000408>). S2CID 14987656 (<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:14987656>).
- McGaughey, E. (2022), *Automatisoivatko robotit työsi? Täystyöllisyys, perustulo ja taloudellinen demokratia* (https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3044448), s. 51(3) Industrial Law Journal 511–559, doi:10.2139/ssrn.3044448 (<https://doi.org/10.2139%2Fssrn.3044448>), S2CID 219336439 (<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:219336439>), SSRN 3044448 (https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3044448), arkistoitu (https://web.archive.org/web/20210131074722/https://papers.ssrn.com/sol3/paper.s.cfm?abstract_id=3044448) alkuperäisestä 31. tammikuuta 2021, haettu 27. toukokuuta 2023
- Merkle, Daniel; Middendorf, Martin (2013). "Parven älykkyyss". julkaisussa Burke, Edmund K.; Kendall, Graham (toim.). *Hakumenetelmät: Johdatus opetusohjelma optimointiin ja päättöksentukiteknikoihin* Springer Science & Business Media. ISBN 978-1-4614-6940-7.
- Minsky, Marvin (1967), *Laskenta: Äärelliset ja äärettömät koneet*, Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall
- Moravec, Hans (1988). *Mielien lapsed* (<https://archive.org/details/mindchildrenfutu00mora>). Harvard University Press. ISBN 978-0-6745-7616-2. Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20200726131644/https://archive.org/details/mindchildrenfutu00mora>) alkuperäisestä 26. heinäkuuta 2020. Haettu 18. marraskuuta 2019.
- Morgenstern, Michael (9. toukokuuta 2015). "Automaatio ja ahdistus" (<https://www.economist.com/news/special-report/21700758-will-smarter-machines-cause-mass-unemployment-automation-and-anxiety>). *The Economist* Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20180112214621/https://www.economist.com/news/special-report/21700758-will-smarter-machines-cause-mass-unemployment-automation-and-anxiety>) alkuperäisestä 12. tammikuuta 2018. Haettu 13. tammikuuta 2018.
- Müller, Vincent C.; Bostrom, Nick (2014). "Tekoälyn tuleva kehitys: Kysely Asiantuntijat" (http://www.sophia.de/pdf/2014_PT-AI_polls.pdf) (PDF). *Tekoälyllä on merkitystä*. 1(1): 9–11. doi:10.1145/2639475.2639478 (<https://doi.org/10.1145%2F2639475.2639478>). S2CID 8510016 (<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:8510016>). Arkistoitu (https://web.archive.org/web/20160115114604/http://www.sophia.de/pdf/2014_PT-AI_polls.pdf) (PDF) alkuperäisestä 15. tammikuuta 2016.
- Neumann, Bernd; Möller, Ralf (tammikuu 2008). "Kohtauksen tulkinnasta kuvauslogiikan avulla". *Kuva- ja näkölaskenta*. 26(1): 82–101. doi:10.1016/j.imavis.2007.08.013 (<https://doi.org/10.1016%2Fj.imavis.2007.08.013>). S2CID 10767011 (<https://api.semanticscholar.org/CryptocurrencyID:10767011>).
- Nilsson, Nils (1995), "Katse palkinnossa", *AI-lehti*, osa 16, sivut 9–17

- Newell, Allen; Simon, HA (1976). "Tietojenkäsittelytiede empiirisena tutkimuksena: symbolit ja Haku" (<https://doi.org/10.1145%2F360018.360022>). *ACM:n viestit*. **19**(3): 113–126. doi:10.1145/360018.360022 (<https://doi.org/10.1145%2F360018.360022>).
- Nicas, Jack (7. helmikuuta 2018). "Kuinka YouTube ajaa ihmisiä internetin pimeimpiin nurkkiin" (<https://www.wsj.com/articles/how-youtube-drives-viewers-to-the-internets-darkest-corners-1518020478>). *The Wall Street Journal*. ISSN 0099-9660 (<https://search.worldcat.org/issn/0099-9660>). Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20241005171230/https://www.wsj.com/articles/how-youtube-drives-viewers-to-the-internets-darkest-corners-1518020478>) alkuperäisestä 5. lokakuuta 2024. Haettu 16. kesäkuuta 2018.
- Nilsson, Nils (1983). "Tekoäly valmistautuu vuoteen 2001" (<https://ai.stanford.edu/~nilsson/OnlinePubs-Nils/Yleiset%20Essays/AIMag04-04-002.pdf>) (PDF). *AI-lehti*. **1**(1). Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20200817194457/http://ai.stanford.edu/~nilsson/OnlinePubs-Nils/General%20Essays/AIMag04-04-002.pdf>) (PDF) alkuperäisestä 17. elokuuta 2020. Haettu 22. elokuuta 2020. Presidentin puhe tekoälyn edistämisyhdystykselle.
- NRC (Yhdysvaltain kansallinen tutkimusneuvosto) (1999). "Keinotekoisen tekniikan kehitys Älykkyy". *Vallankumouksen rahoitus: Hallituksen tuki tietojenkäsittelytutkimukselle* Kansallisen akatemian kustantamo.
- Omohundro, Steve (2008). *Itseään kehittävän tekoälyn luonne*. esiteltiin ja jaettu vuoden 2007 Singularity Summitissa San Franciscossa, Kaliforniassa.
- Oudeyer, PY. (2010). "Robotiikan vaikutuksesta käyttäytymis- ja kognitiotieteisiin: mistä "hyönteisten navigoinnista ihmisen kognitiiviseen kehitykseen" (http://www.pyoudeyer.com/IEETAMD_Oudeyer10.pdf) (PDF). *IEEE:n autonomista mielenkehitystä koskevat julkaisut*. **2**(1): 2–16. Bibcode:2010ITAMD...2...2O (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2010ITAMD...2...2O>). doi:10.1109/tam.2009.2039057 (<https://doi.org/10.1109%2Ftam.2009.2039057>). S2CID 6362217 (<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:6362217>). Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20181003202543/http://www.pyoudeyer.com/IEETAMDOudeyer10.pdf>) (PDF) alkuperäisestä 3. lokakuuta 2018. Haettu 4. kesäkuuta 2013.
- Pennachin, C.; Goertzel, B. (2007). "Nykyaisia lähestymistapoja keinotekoiseen yleiseen Älykkyy". *TekoälyKognitiiviset teknologiat*. Berliini, Heidelberg: Springer. Sivut 1–30. doi:10.1007/978-3-540-68677-4_1 (https://doi.org/10.1007%2F978-3-540-68677-4_1). ISBN 978-3-5402-3733-4.
- Pinker, Steven (2007) [1994]. *Kielivaisto*, Monivuotiset modernit klassikot, Harper, ISBN-numero 978-0-0613-3646-1
- Poria, Soujanya; Cambria, Erik; Bajpai, Rajiv; Hussain, Amir (syyskuu 2017). "Arvostelu aiheesta affektiivinen laskenta: Unimodaalisesta analyysistä multimodaaliseen fuusioon" (<http://researchrepository.napier.ac.uk/Output/1792429>). *Tietojen fuusio*. **37**: 98–125. doi:10.1016/j.inffus.2017.02.003 (<https://doi.org/10.1016%2Fj.inffus.2017.02.003>). hdl:1893/25490 (<https://hdl.handle.net/1893%2F25490>). S2CID 205433041 (<https://api.siemens.org/CorpusID:205433041>). Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20230323165407/https://www.napier.ac.uk/research-and-innovation/research-search/outputs/a-review-of-affective-computing-from-unimodal-analysis-to-multimodal-fusion>) alkuperäisestä 23. maaliskuuta 2023. Haettu 27. huhtikuuta 2021.
- Rawlinson, Kevin (29. tammikuuta 2015). "Microsoftin Bill Gates väittää tekoälyn olevan uhka" (<https://www.bbc.co.uk/news/31047780>). *BBC:n uutiset* Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20150129183607/http://www.bbc.co.uk/news/31047780>) alkuperäisestä 29. tammikuuta 2015. Haettu 30. tammikuuta 2015.
- Reisner, Alex (19. elokuuta 2023). "Paljastettu: Kirjailijat, joiden piraattikirjat vauhdittavat "Generatiivinen tekoäly" ([https://www.theatlantic.com/technology/archive/2023/08/books3-ai-meta-llama-piratedbooks/675063/](https://www.theatlantic.com/technology/archive/2023/08/books3-ai-meta-llama-pirated-books/675063/)), Atlanti, arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20241003071505/https://www.theatlantic.com/technology/archive/2023/08/books3-ai-meta-llama-piratedbooks/675063/>) alkuperäisestä 3. lokakuuta 2024, noudettu 5. lokakuuta 2024

- Roberts, Jacob (2016). "Ajattelukoneet: Tekoälyn etsintä" (https://web.archive.org/web/20180819152455/https://www.sciencehistory.org/distillations/magazine/thinkin_g_machines-the-search-for-artificial-intelligence). *Tislaukset* Nide 2, nro 2. s. 14–23. Arkistoitu alkuperäisestä (<https://www.sciencehistory.org/distillations/magazine/thinking-mint-chines-the-search-for-artificial-intelligence>) 19. elokuuta 2018. Haettu 20. maaliskuuta 2018.
- Robitzski, Dan (5. syyskuuta 2018). "Viisi asiantuntijaa kertoo, mikä heitä tekoälyssä pelottaa eniten" (<https://futurism.com/artificial-intelligence-experts-fear/amp>). Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20191208094101/https://futurism.com/artificial-intelligence-experts-fear/amp>) alkuperäisestä 8. joulukuuta 2019. Haettu 8. joulukuuta 2019.
- Rose, Steve (11. heinäkuuta 2023). "Tekoäly, utopia vai dystopia?". *The Guardian Weeklys*. 42–43.
- Russell, Stuart (2019). *Ihmisen kanssa yhteensopiva: tekoäly ja kontrollin ongelma*. Yhdysvallat: Viking. ISBN 978-0-5255-5861-3. OCLC 1083694322 (<https://search.worldcat.org/oclc/1083694322>).
- Sainato, Michael (19. elokuuta 2015). "Stephen Hawking, Elon Musk ja Bill Gates varoittavat Tekoäly" (<https://observer.com/2015/08/stephen-hawking-elon-musk-and-bill-gates-warn-about-artificial-intelligence>). *Tarkkailija* Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20151030053323/http://observer.com/2015/08/stephen-hawking-elon-musk-and-bill-gates-warn-about-artificial-intelligence>) alkuperäisestä 30. lokakuuta 2015. Haettu 30. lokakuuta 2015.
- Sample, Ian (5. marraskuuta 2017). "Tietokone sanoo ei: miksi tekoälyistä tulisi tehdä oikeudenmukaisia, vastuullisia ja läpinäkyvyys on ratkaisevan tärkeää" (<https://www.theguardian.com/science/2017/nov/05/computer-says-no-miksi-sen-tekeminen-oikeudenmukaiseksi-vastuulliseksi-ja-läpinäkyväksi-on-ratkaisevan-tärkeää>). *The Guardian* Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20221010134155/https://theguardian.com/science/2017/nov/05/computer-says-no-why-making-ais-fair-accountable-and-transparent-is-crucial>) alkuperäisestä 10. lokakuuta 2022. Haettu 30. tammikuuta 2018.
- Rothman, Denis (7. lokakuuta 2020). "LIME-selitysten ja taustalla olevan matematiikan tutkiminen" Se" (<https://www.codemotion.com/magazine/ai-ml/lime-explainable-ai>). *Codemotion* Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20231125045932/https://www.codemotion.com/magazine/ai-ml/lime-explainable-ai/>) alkuperäisestä 25. marraskuuta 2023. Haettu 25. marraskuuta 2023.
- Scassellati, Brian (2002). "Mielen teoria humanoidirobotille". *Autonomiset robotit*. **12**(1): 13–24. doi:10.1023/A:1013298507114 (<https://doi.org/10.1023%2FA%1013298507114>). S2CID 1979315 (<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:1979315>).
- Schmidhuber, J. (2015). "Syväoppiminen neuroverkoissa: Yleiskatsaus". *Neuroverkot*. **61**: 85–117. arXiv:1404.7828 (<https://arxiv.org/abs/1404.7828>). doi:10.1016/j.neunet.2014.09.003 (<https://doi.org/10.1016%2Fj.neunet.2014.09.003>). PMID 25462637 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25462637>). S2CID 11715509 (<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:11715509>).
- Schmidhuber, Jürgen (2022). "Modernin tekoälyn ja syväoppimisen kommentoitu historia" (<https://people.idsia.ch/~juergen/>). Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20230807173414/https://people.idsia.ch/~juergen/>) alkuperäisestä 7. elokuuta 2023. Haettu 5. lokakuuta 2024.
- Searle, John (1980). "Mielet, aivot ja ohjelmat" (<http://cogprints.org/7150/1/10.1.1.83.5248.pdf>) (PDF). *Käytätyymis- ja aivotieteet*. **3**(3): 417–457. doi:10.1017/S0140525X00005756 (<https://doi.org/10.1017%2FS0140525X00005756>). S2CID 55303721 (<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:55303721>). Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20190317230215/http://cogprints.org/7150/1/10.1.1.83.5248.pdf>) (PDF) alkuperäisestä 17. maaliskuuta 2019. Haettu 22. elokuuta 2020.
- Searle, John (1999). *Mielis, kieli ja yhteiskunta* (<https://archive.org/details/mindlanguagesoci00sear>). New York: Basic Books. ISBN 978-0-4650-4521-1. OCLC 231867665 (<https://search.worldcat.org/oclc/231867665>). Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20200726220615/https://archive.org/details/mindlanguagesoci00sear>) alkuperäisestä 26. heinäkuuta 2020. Haettu 22. elokuuta 2020.

- Simon, HA (1965). *Automaation muoto miehille ja johtamiselle*, New York: Harper & Rivi
- Simonite, Tom (31. maaliskuuta 2016). "Miten Google aikoo ratkaista teköälyn" (<https://www.technologyreview.com/2016/03/31/161234/how-google-plans-to-solve-artificial-intelligence>). *MIT-teknologiakatsaus* Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20240916003430/https://www.technologyreview.com/2016/03/31/161234/how-google-plans-to-solve-artificial-intelligence/>) alkuperäisestä 16. syyskuuta 2024. Haettu 5. lokakuuta 2024.
- Smith, Craig S. (15. maaliskuuta 2023). "ChatGPT-4:n luoja Ilya Sutskever teköälyhallusinaatioista ja Teköälydemokratia" (<https://www.forbes.com/sites/craigsmith/2023/03/15/gpt-4-creator-ilya-sutskever-on-ai-hallucinations-and-ai-democracy>). *Forbes* Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20240918141325/https://www.forbes.com/sites/craigsmith/2023/03/15/gpt-4-creator-ilya-sutskever-on-ai-hallucinations-and-ai-democracy/>) alkuperäisestä 18. syyskuuta 2024. Haettu 25. joulukuuta 2023.
- Smolar, Stephen W.; Zhang, HongJiang (1994). "Sisältöpohjainen videoiden indeksointi ja haku" (<http://scholarbank.nus.edu.sg/handle/10635/111162>). *IEEE-multimedia*. 1(2): 62–72. doi:10.1109/93.311653 (<https://doi.org/10.1109%2F93.311653>). S2CID 32710913 (<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:32710913>).
- Solomonoff, Ray (1956). *Induktioinen päätelykone* (<http://world.std.com/~rjs/indinf56.pdf>) (PDF). Dartmouthin teköälyn kesätutkimuskonferenssi. Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20110426161749/http://world.std.com/~rjs/indinf56.pdf>) (PDF) alkuperäisestä 26. huhtikuuta 2011. Haettu 22. maaliskuuta 2011 – std.comin kautta, pdf-skannattu kopio alkuperäisestä. Myöhemmin julkaistu nimellä
- Solomonoff, Ray (1957). "Induktioinen päätelykone". *IRE-konventtipöytäkirja* Nide, Informatioteoriaa käsitlevää osio, osa 2, s. 56–62.
- Stanfordin yliopisto (2023). "Teköälyn indeksiraportti 2023/Luku 6: Politiikka ja "Hallinto" (https://aiindex.stanford.edu/wp-content/uploads/2023/04/HAI_AI-Index-Report-2023_CHAPTER_6-1.pdf) (PDF). Teköälyhakemisto. Arkistoitu (https://web.archive.org/web/20230619013609/https://aiindex.stanford.edu/wp-content/uploads/2023/04/HAI_AI-Index-Report-2023_CHAPTER_6-1.pdf) (PDF) alkuperäisestä 19. kesäkuuta 2023. Haettu 19. kesäkuuta 2023.
- Tao, Jianhua; Tan, Tieniu (2005). *Affektiivinen laskenta ja älykäs vuorovaikutus* Vaikuttava Tietojenkäsittely: Katsaus. Tietojenkäsittelytieteen luentomuistiinpanot. Nide 3784. Springer. Sivut 981–995. doi:10.1007/11573548 (<https://doi.org/10.1007%2F11573548>). ISBN 978-3-5402-9621-8.
- Taylor, Josh; Hern, Alex (2. toukokuuta 2023). "Teköälyn kummisetä" Geoffrey Hinton jättää Googlen ja varoittaa väärän tiedon vaaroista" (<https://www.theguardian.com/technology/2023/may/02/geoffrey-hinton-godfather-of-ai-quits-google-warns-dangers-of-machine-learning>). *The Guardian* Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20241005171343/https://www.theguardian.com/technology/2023/may/02/geoffrey-hinton-godfather-of-ai-quits-google-warns-dangers-of-koneoppiminen>) alkuperäisestä 5. lokakuuta 2024. Haettu 5. lokakuuta 2024.
- Thompson, Derek (23. tammikuuta 2014). "Mitä töitä robotit ottavat?" (<https://www.theatlantic.com/business/archive/2014/01/what-jobs-will-the-robots-take/283239>). *Atlantic* Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20180424202435/https://www.theatlantic.com/business/archive/2014/01/what-jobs-will-the-robots-take/283239>) alkuperäisestä 24. huhtikuuta 2018. Haettu 24. huhtikuuta 2018.
- Thro, Ellen (1993). *Robottiikka: Tietokoneiden ja koneiden avoliitto* (https://archive.org/details/ISBN_9780816026289). New York: Facts on File. ISBN 978-0-8160-2628-9. Arkistoitu (https://web.archive.org/web/20200726131505/https://archive.org/details/ISBN_9780816026289) alkuperäisestä 26. heinäkuuta 2020. Haettu 22. elokuuta 2020.
- Toews, Rob (3. syyskuuta 2023). "Transformers mullisti teköälyn. Mikä korvaa ne?" (<https://www.forbes.com/sites/robtoews/2023/09/03/transformers-revolutionized-ai-what-willreplace-them>). *Forbes* Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20231208232145/https://www.forbes.com/sites/robtoews/2023/09/03/transformers-revolutionized-ai-what-willreplace-the-m/>) alkuperäisestä 8. joulukuuta 2023. Haettu 8. joulukuuta 2023.

Turing, Alan (lokakuu 1950). "Tietojenkäsittelykoneet ja älykkyyts" (<https://academic.oup.com/mind/article/LIX/236/433/986238>). *Mind*. 59(236): 433–460. doi:10.1093/mind/LIX.236.433 (<https://doi.org/10.1093/mind/LIX.236.433>). ISSN 1460-2113 (<https://search.worldcat.org/issn/1460-2113>). JSTOR 2251299 (<https://www.jstor.org/stable/2251299>). S2CID 14636783 (<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:14636783>).

UNESCON tiederaportti: Kilpajuoksu aikaa vastaan – älykkäämän kehityksen puolesta (<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000377433/PDF/377433eng.pdf.multi>). Pariisi: UNESCO. 2021. ISBN 978-9-2310-0450-6. Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20220618233752/https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000377433/PDF/377433eng.pdf.multi>) alkuperäisestä 18. kesäkuuta 2022. Haettu 18. syyskuuta 2021.

Urbina, Fabio; Lentzos, Filippa; Invernizzi, Cédric; Ekins, Sean (7. maaliskuuta 2022). "Kaksoiskäyttö tekoälyllä toimiva lääkekehitys" (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9544280>). *Luonto Koneäly*. 4(3): 189–191. doi:10.1038/s42256-022-00465-9 (<https://doi.org/10.1038/s42256-022-00465-9>). PMC 9544280 (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9544280>). PMID 36211133 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36211133>). S2CID 247302391 (<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:247302391>).

Valance, Christ (30. toukokuuta 2023). "Asiantuntijat varoittavat, että tekoäly voi johtaa sukupuuttoon" (<https://www.bbc.com/news/uk-65746524>). BBC:n uutiset Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20230617200355/https://www.bbc.com/news/uk-65746524>) alkuperäisestä 17. kesäkuuta 2023. Haettu 18. kesäkuuta 2023.

Valinsky, Jordan (11. huhtikuuta 2019). "Amazonin kerrotaan työllistävän tuhansia ihmisiä kuuntelemaan "Alexa-keskustelusi" (<https://www.cnn.com/2019/04/11/tech/amazon-alexa-listening/index.html>). CNN.com, arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20240126033535/https://www.cnn.com/2019/04/11/tech/amazon-alexa-listening/index.html>) alkuperäisestä 26. tammikuuta 2024, haettu 5. lokakuuta 2024

Verma, Yugesh (25. joulukuuta 2021). "Täydellinen opas SHAPiin – SHAPley Additive Selityksiä ammattilaisille" (<https://analyticsindiamag.com/a-complete-guide-to-shap-shapley-additive-explanations-for-practitioners>). Analytics India -lehti Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20231125045938/https://analyticsindiamag.com/a-complete-guide-to-shap-shapley-additive-explanations-for-practitioners/>) alkuperäisestä 25. marraskuuta 2023. Haettu 25. marraskuuta 2023.

Vincent, James (7. marraskuuta 2019). "OpenAI on julkaissut tekstiä tuottavan tekoälyn, jonka se väitti olevan liian vaarallista jaettavaksi" (<https://www.theverge.com/2019/11/7/20953040/openai-text-generation-ai-gpt-2-full-model-release-1-5b-parameters>). The Verge Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20200611054114/https://www.theverge.com/2019/11/7/20953040/openai-text-generation-ai-gpt-2-full-model-release-1-5b-parameters>) alkuperäisestä 11. kesäkuuta 2020. Haettu 11. kesäkuuta 2020.

Vincent, James (15. marraskuuta 2022). "Pelottava totuus tekoälyn tekijänoikeuksista on, ettei kukaan tiedä mitä" tapahtuu seuraavaksi" (<https://www.theverge.com/23444685/generative-ai-copyright-infringement-oikeudellinen-oikeudenmukainen-käyttö-koulutustiedot>). The Verge Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20230619055201/https://www.theverge.com/23444685/generative-ai-copyright-infringement-legal-fair-us-e-training-data>) alkuperäisestä 19. kesäkuuta 2023. Haettu 19. kesäkuuta 2023.

Vincent, James (3. huhtikuuta 2023). "Tekoäly on siirtymässä yritysten hallinnan aikakauteen" (<https://www.theverge.org.uk.com/23667752/ai-progress-2023-report-stanford-corporate-control>). The Verge Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20230619005803/https://www.theverge.com/23667752/ai-progress-2023-report-stanford-corporate-control>) alkuperäisestä 19. kesäkuuta 2023. Haettu 19. kesäkuuta 2023.

- Vinge, Vernor (1993). "Tuleva teknologinen singulariteetti: Kuinka selviytyä post-
"Ihmisen aikakausi" (<https://web.archive.org/web/20070101133646/http://www-rohan.sdsu.edu/faculty/vinge/misc/singularity.html>). *Visio 21: Tieteiden välinen tiede ja tekniikka kyberavaruuden aikakaudella*. 11. Bibcode:1993vise.nasa...11V (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/1993vise.nasa...11V>). Arkistoitu alkuperäisestä (<http://www-rohan.sdsu.edu/faculty/vinge/misc/singularity.html>) 1. tammikuuta 2007. Haettu 14. marraskuuta 2011.
- Waddell, Kaveh (2018). "Chatbotit ovat astuneet Outoon laaksoon" (<https://www.theatlantic.com/technology/archive/2017/04/uncanny-valley-digital-assistants/523806>). *Atlanti*, arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20180424202350/https://www.theatlantic.com/technology/archive/2017/04/uncanny-valley-digital-assistants/523806>) alkuperäisestä 24. huhtikuuta 2018. Haettu 24. huhtikuuta 2018.
- Wallach, Wendell (2010). *Moraaliset koneet*. Oxfordin yliopiston kustantamo.
- Wason, PC; Shapiro, D. (1966). "Päättely" (<https://archive.org/details/newhorizonsinpsy000foss>). Teoksessa Foss, BM (toim.). *Uusia horisontteja psykologiassa*. Harmondsworth: Penguin. Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20200726131518/https://archive.org/details/newhorizonsinpsy000foss>) alkuperäisestä 26. heinäkuuta 2020. Haettu 18. marraskuuta 2019.
- Weng, J.; McClelland; Pentland, A.; Sporns, O.; Stockman, I.; Sur, M.; Thelen, E. (2001). "Robottien ja eläinten autonominen henkinen kehitys" (<http://www.cse.msu.edu/dl/SciencePaper.pdf>) (PDF). *Tiede*. **291**(5504): 599–600. doi:10.1126/science.291.5504.599 (<https://doi.org/10.1126%2Fscience.291.5504.599>). PMID 11229402 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11229402>). S2CID 54131797 (<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:54131797>). Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20130904235242/http://www.cse.msu.edu/dl/Science Paper.pdf>) (PDF) alkuperäisestä 4. syyskuuta 2013. Haettu 4. kesäkuuta 2013 – msu.edun kautta.
- "Mitä on 'sumea logikka'? Onko olemassa tietokoneita, jotka ovat luonnostaan sumeita eivätkä sovella tavanomaista binäärilogiikka?" (<https://www.scientificamerican.com/article/what-is-fuzzy-logic-are-t>). *Tieteellinen amerikkalainen*. 21. lokakuuta 1999. Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20180506035133/https://www.scientificamerican.com/article/what-is-fuzzy-logic-are-t>) alkuperäisestä 6. toukokuuta 2018. Haettu 5. toukokuuta 2018.
- Williams, Rhiannon (28. kesäkuuta 2023), "Ihmiset saattavat todennäköisemmin uskoa disinformaatioon teköälyn luoma" (<https://www.technologyreview.com/2023/06/28/1075683/humans-may-bemore-likely-to-believe-disinformation-generated-by-ai/>), *MIT-teknologiakatsaus*, arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20240916014613/https://www.technologyreview.com/2023/06/28/1075683/humans-may-be-more-likely-to-believe-disinformation-generated-by-ai/>) alkuperäisestä 16. syyskuuta 2024, haettu 5. lokakuuta 2024
- Wirtz, Bernd W.; Weyerer, Jan C.; Geyer, Carolin (24. heinäkuuta 2018). "Tekoäly ja julkisen sektori – sovellukset ja haasteet" (<https://zenodo.org/record/3569435>). *Kansainvälinen julkishallinnon aikakauslehti*. **42**(7): 596–615. doi:10.1080/01900692.2018.1498103 (<https://doi.org/10.1080%2F01900692.2018.1498103>). ISSN 0190-0692 (<https://search.worldcat.org/issn/0190-0692>). S2CID 158829602 (<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:158829602>). Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/2020818131415/https://zenodo.org/record/3569435>) alkuperäisestä 18. elokuuta 2020. Haettu 22. elokuuta 2020.
- Wong, Matteo (19. toukokuuta 2023), "ChatGPT on jo vanhentunut" (<https://www.theatlantic.com/technology/arkisto/2023/05/ai-advancements-multimodal-models/674113/>), *Atlanti*, arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20240918022529/https://www.theatlantic.com/technology/archive/2023/05/ai-advancements-multimodal-models/674113/>) alkuperäisestä 18. syyskuuta 2024, haettu 5. lokakuuta 2024

Yudkowsky, E (2008), "Tekoäly positiivisena ja negatiivisena tekijänä globaalissa riskissä" (h <http://intelligence.org/files/AIPosNegFactor.pdf>) (PDF), *Globaalit katastrofiriskit*, Oxford University Press, 2008, Bibcode:2008gcr..book..303Y (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2008gcr..book..303Y>), arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20131019182403/http://intelligence.org/files/AIPosNegFactor.pdf>) (PDF) alkuperäisestä 19. lokakuuta 2013, haettu 24. syyskuuta 2021

Lisälukemista

Kirjailija David H., "Miksi työpaikkoja on edelleen niin paljon? Työpaikan historia ja tulevaisuus" Automaatio" (2015) 29(3) *Talousperspektiivien lehti* 3.

Boyle, James, The Line: Tekoäly ja persoonallisuuden tulevaisuus (<https://direct.mit.edu/books/book/5859/The-LineAI-and-the-Future-of-Personhood>), MIT Press, 2024.

Cukier, Kenneth, "Valmis robotteihin? Miten ajatella tekoälyn tulevaisuutta", *Ulkoasiat*, osa 98, nro 4 (heinä-/elokuu 2019), s. 192–198. Tietojenkäsittelytieteen historioitsija George Dyson kirjoittaa (jota voitaisiin kutsua "Dysonin laiksi"), että "Mikään järjestelmä, joka on tarpeeksi yksinkertainen ollakseen ymmärrettävä, ei ole tarpeeksi monimutkainen käyttäytymiseen älykkäästi, kun taas mikä tahansa järjestelmä, joka on tarpeeksi monimutkainen käyttäytymiseen älykkäästi, on liian monimutkainen ymmärrettäväksi." (s. 197.) Tietojenkäsittelytieteilijä Alex Pentland kirjoittaa: "Nykyiset tekoälyn koneoppimisalgoritmit ovat pohjimmiltaan yksinkertaisesti typeriä. Ne toimivat, mutta ne toimivat raa'alla voimalla." (s. 198.)

Evans, Woody (2015). "Posthuman Rights: Transhuman Worlds Dimensions" (https://doi.org/10.5209%2Frev_TK.2015.v12.n2.49072). *Teknokultura*. 12(2). doi:10.5209/rev_TK.2015.v12.n2.49072 (https://doi.org/10.5209%2Frev_TK.2015.v12.n2.49072). S2CID 147612763 (<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:147612763>).

Frank, Michael (22. syyskuuta 2023). "Yhdysvaltojen johtajuus tekoälyn alalla voi muokata "2000-luvun globaali järjestys" (<https://thediplomat.com/2023/09/us-leadership-in-artificial-intelligence-can-shape-the-21st-century-global-order>). *Diplomaatti* Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20240916014433/https://thediplomat.com/2023/09/us-leadership-in-artificial-intelligence-can-shape-the-21st-century-global-order/>) alkuperäisestä 16. syyskuuta 2024. Haettu 8. joulukuuta 2023. "Sen sijaan Yhdysvallat on kehittänyt uuden hallitsevan aseman alueen, jota muu maailma tarkastelee kunnioituksen, kateuden ja kaunan sekoituksella: tekoäly... Tekoälymalleista ja -tutkimuksesta pilvipalveluihin ja riskipääomaan, yhdysvaltalaisilla yrityksillä, yliopistoilla ja tutkimuslaboratorioilla – ja niiden tytäryhtiöillä liittolaismaisissa – näyttää olevan valtava johtoasema sekä huippuluokan tekoälyn kehittämisenä että sen kaupallistamisessa. Yhdysvaltalaisten riskipääomasijoitusten arvo tekoäly-startup-yrityksiin ylittää muun maailman yhteenlasketun arvon."

Gertner, Jon. (2023) "Wikipedian totuuden hetki: Voiko verkkotietosanakirja auttaa tekoälyn opettamisessa" chatbottien avulla he saavat faktansa oikein – tuhoamatta samalla itseään?" *New York Times -lehti* 18. heinäkuuta 2023 verkossa (<https://www.nytimes.com/2023/07/18/magazine/wikipedia-ai-chatgpt.html>) Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20230720125400/https://www.nytimes.com/2023/07/18/magazine/wikipedia-ai-chatgpt.html>) 20. heinäkuuta 2023 Wayback Machinessa

Gleick, James, "Vapaan tahdon kohtalo" (arvostelu Kevin J. Mitchellin teoksesta *Vapaat agentit: Miten evoluutio Antoi meille vapaan tahdon*, Princeton University Press, 2023, 333 sivua), *New Yorkin kirjojen arvostelu*, vol. LXXI, nro 1 (18. tammikuuta 2024), s. 27–28, 30. "Toimijuus erottaa meidät koneista. Biologisille olennoille järki ja tarkoitus tulevat toimimisesta maailmassa ja seurausten kokemisesta. Tekoälyillä – ruumiittomilla, verelle, hielle ja kyynelille vierailla – ei ole siihen mitään sijaa." (s. 30.)

Gleick, James, "Papukaija koneessa" (<https://www.nybooks.com/articles/2025/07/24/the-path-to-artificial-intelligence-in-the-machine-the-ai-con-bender-hanna/>)" (arvostelu Emily M. Benderistä ja Alex Hannasta)
Tekoälyhuijauksista: Kuinka torjua suurten teknologiayritysten hypeä ja luoda haluamamme tulevaisuus, Harper, 274 sivua; ja James Boyle, *The Line: Tekoäly ja persoonallisuuden tulevaisuus*, MIT Press, 326 sivua), *New Yorkin kirjojen arvostelu*, vol. LXXII, nro 12 (24. heinäkuuta 2025), s. 43–46. "[C]hatbox-kirjoitustyyllä on mitäänsanomaton, oksentava laatu. Tekstuurit ovat litistyneitä, teräväät reunat hiottuja. Yksikään chatbox ei olisi koskaan voinut sanoa, että huhtikuu on julmin kuukausi tai että sumu laskeutuu pienillä kissanjaloilla (vaikka he voisivatkin nyt, koska yksi niiden tärkeimmistä taidoista on plagiointi). Ja kun synteettisesti puristettu teksti osoittautuu vääräksi, se voi olla koomisen väärä. Kun elokuvafani kysyi Googleltä, oliko tietty näyttelijä elokuvassa... *Lämpö*, hän sai tämän 'tekoälyyleiskatsauksen': 'Ei, Angelina Jolie ei ole kiimassa.'" (s. 44.)

Halpern, Sue, "Tuleva teknologinen itsevaltius" (arvostelu Verity Hardingista, *Tekoäly tarvitsee sinua: Miten me voimme luottaa teköällyn tulevaisuutta ja pelastaa omamme*, Princeton University Press, 274 sivua; Gary Marcus, *Piilaakson kesyttäminen: Kuinka voimme varmistaa, että tekoäly toimii meille*, MIT Press, 235 sivua; Daniela Rus ja Gregory Mone, *Mielien peili: Riski ja palkkio teköällyn aikakaudella*, Norton, 280 s.; Madhumita Murgia, *Koodiriippuvainen: Elämistä teköällyn varjossa*, Henry Holt, 311 sivua), *New Yorkin kirjojen arvostelu*, voi. LXXI, ei. 17 (7.11.2024), s. 44–46. "Emme voi realistikesti odottaa, että ne, jotka toivovat rikastuvansa teköällyn avulla, pitäisivät meidän muiden etuja lähellä sydäntä", ... kirjoittaa [Gary Marcus]. 'Emme voi luottaa siihen, että kampanjarahoituslahjoitusten [teknologiayritysten] ohjaamat hallitusset vastustavat.'... Marcus yksityiskohtaisesti kuvaa vaatimuksia, joita kansalaisten tulisi esittää hallituksilleen ja teknologiayrityksille. Näihin kuuluvat läpinäkyvyys teköälyjärjestelmien toiminnan suhteeseen; korvaukset yksilölle, jos heidän tietojaan käytetään LLM:ien (laajojen kielimallien) kouluttamiseen, ja oikeus suostua tähän käyttöön; sekä mahdollisuus pitää teknologiayrityksiä vastuullisina aiheuttamistaan vahingoista poistamalla pykälä 230, määräämällä rahasakkoja ja säättämällä tiukempia tuotevastuuakeja... Marcus ehdottaa myös... että uusi, teköälyyn keskittyvä liittovaltion virasto, FDA:n, FCC:n tai FTC:n kaltainen, voisi tarjota vankimman valvonnan.... [F]ordhamin oikeustieteen professori Chinmayi Sharma... ehdottaa... että perustetaan insinööreille ammatillinen lisensointijärjestelmä, joka toimisi samalla tavalla kuin lääkäriinluvat, hoitovirheet ja Hippokrateen vala lääketieteessä. 'Mitä jos, kuten lääkäritkin', hän kysyy... "tekoälyinsinööritkin vannoisivat, etteivät tekisi pahaa?" (s. 46.)

Henderson, Mark (24. huhtikuuta 2007). "Robottien ihmisoikeudet? Me innostumme liikaa" (<https://www.thetimes.com/uk/science/article/human-rights-for-robots-were-getting-carried-away-xfbdkpgwn0v>). *The Times Online* Lontoo. Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20140531104850/http://www.thetimes.co.uk/tto/technology/article1966391.ece>) alkuperäisestä 31. toukokuuta 2014. Haettu 31. toukokuuta 2014.

Hughes-Castleberry, Kenna, "Murhamysteeripulma: Kirjallinen pulmapeli *Kainin leukaluu*, joka on askarruttanut ihmisiä vuosikymmeniä, paljastaa luonnollisen kielen prosessointialgoritmiensä rajoitukset", *Tieteellinen amerikkalainen*, vol. 329, nro 4 (marraskuu 2023), s. 81–82. "Tämä murhamysteerikilpailu on paljastanut, että vaikka NLP-mallit (luonnollisen kielen käsitteily) pystyvät uskomattomiin saavutuksiin, niiden kykyjä rajoittaa suuresti kontekstin määrä. Tämä [...] voi aiheuttaa [vaikeuksia] tutkijoille, jotka toivovat voivansa käyttää niitä esimerkiksi muinaisten kielten analysointiin. Joissakin tapauksissa kauan sitten menneistä sivilisaatioista on vain vähän historiallisia tietoja, joita voitaisiin käyttää koulutusdatana tähän tarkoitukseen." (s. 82.)

Immerwahr, Daniel, "Valheelliset silmäsi: Ihmiset käyttävät nyt teköälyä väärennettyjen videoiden luomiseen" erottamattomia oikeista. Kuinka paljon sillä on väliä?", *The New Yorker*, 20. marraskuuta 2023, s. 54–59. "Jos 'syvävärennöksillä' tarkoitamme realistisia, teköällyn avulla tuotettuja videoita, jotka todella huijaavat ihmisiä, niin niitä tuskin on olemassa. Väärennökset eivät ole syviä, eivätkä syvät videot ole feikkejä. [...] Tekoäly luomat videot eivät yleensä toimi mediassamme väärennettyinä todisteina. Niiden rooli muistuttaa paremmin sarjakuvien, erityisesti rivoiksiin, roolia." (s. 59.)

Johnston, John (2008) *Koneellisen elämän lumo: kybernetiikka, teköäly ja uusi teköäly*, MIT Press.

Jumper, John; Evans, Richard; Pritzel, Alexander; ym. (26. elokuuta 2021). "Erittäin tarkka proteiinirakenteen ennustaminen AlphaFoldilla" (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8371605>). *Luonto*.**596**(7873): 583–589. Bibliokoodi: 2021Natur.596..583J (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2021Natur.596..583J>). doi:10.1038/s41586-021-03819-2 (<https://doi.org/10.1038%2Fs41586-021-03819-2>). PMID 8371605 (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8371605>). PMID 34265844 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34265844>). S2CID 235959867 (<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:235959867>).

LeCun, Yann; Bengio, Yoshua; Hinton, Geoffrey (28. toukokuuta 2015). "Syväoppiminen" (<https://www.nature.com/articles/nature14539>). *Luonto*.**521**(7553): 436–444. Bibliokoodi: 2015Natur.521..436L (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2015Natur.521..436L>). doi:10.1038/nature14539 (<https://doi.org/10.1038%2Fnature14539>). PMID 26017442 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26017442>). S2CID 3074096 (<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:3074096>). Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20230605235832/https://www.nature.com/articles/nature14539>) alkuperäisestä 5. kesäkuuta 2023. Haettu 19. kesäkuuta 2023.

Leffer, Lauren, "Tekoälyn luottamisen riskit: Meidän on vältettävä koneoppimismallien ihmillistämistä" käytetään tieteellisessä tutkimuksessa, *Tieteellinen amerikkalainen*, osa 330, nro 6 (kesäkuu 2024), s. 80–81.

Lepore, Jill, "Chit-Chatbot: Onko koneen kanssa puhuminen keskustelua?", *The New Yorker*, 7. lokakuu 2024, s. 12–16.

Maschafilm (2010). "Sisältö: Kytke ja rukoile -elokuva – Tekoäly – Robotit" (<http://www.plugandpray-film.de/en/content.html>). *plugandpray-film.de* Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20160212040134/http://www.plugandpray-film.de/en/content.html>) alkuperäisestä 12. helmikuuta 2016.

Marcus, Gary, "Keinotekoinen itseluottamus: Jopa uusimmat ja kuumimmat keinotekoisen yleisen ymmärryksen järjestelmät" älykkyyttä jarruttavat samat vanhat ongelmat", *Tieteellinen amerikkalainen*, osa 327, nro 4 (lokakuu 2022), s. 42–45.

Mitchell, Melanie (2019). *Tekoäly: opas ajatteleville ihmisiille* New York: Farrar Straus ja Giroux. ISBN 978-0-3742-5783-5.

Mnih, Volodymyr; Kavukcuoglu, Koray; Silver, David; ym. (26. helmikuuta 2015). "Ihmisen tason syvävahvistusoppimisen avulla tapahtuva hallinta" (<https://www.nature.com/articles/nature14236>). *Luonto*.**518**(7540): 529–533. Bibliokoodi: 2015Natur.518..529M (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2015Natur.518..529M>). doi:10.1038/nature14236 (<https://doi.org/10.1038%2Fnature14236>). PMID 25719670 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25719670>). S2CID 205242740 (<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:205242740>). Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20230619055525/https://www.nature.com/articles/nature14236>) alkuperäisestä 19. kesäkuuta 2023. Haettu 19. kesäkuuta 2023. Esitteli DQN:n, joka tuotti ihmistason suorituskyvyn joissakin Atari-peleissä.

Press, Eyal, "Heidän kasvojensa edessä: Johtako kasvojen tunnistusteknologia poliisin jättämään huomiotta ristiriitaisia todisteita?" *The New Yorker*, 20. marraskuuta 2023, s. 20–26.

"Robotit voisivat vaatia laillisia oikeuksia" (<https://news.bbc.co.uk/2/hi/technology/6200005.stm>). *BBC Uutiset*. 21. joulukuuta 2006. Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20191015042628/http://news.bbc.co.uk/2/hi/technology/6200005.stm>) alkuperäisestä 15. lokakuuta 2019. Haettu 3. helmikuuta 2011.

Rovainen, Eka, "Tekoälyn älykkysosamäärä: ChatGPT suoriutui erinomaisesti [tavallisessa älykkyyss]testissä, mutta osoitti, että Älykkyyttä ei voi mitata pelkästään älykkysosamäärellä" *Tieteellinen amerikkalainen*, vol. 329, nro 1 (heinä-/elokuu 2023), s. 7. "Korkeasta älykkysosamääristään huolimatta ChatGPT epäonnistuu tehtävissä, jotka vaativat todellista ihmismäistä päätelykykyä tai fyysisen ja sosiaalisen maailman ymmärrystä... ChatGPT näytti kykenemättömältä päättelämään loogisesti ja yritti luottaa laajaan tietokantaansa... verkkoteksteistä saatuja faktuja."

Scharre, Paul, "Tappajasovellukset: tekoälyvarustelukilvan todelliset vaarat", *Ulkoasiat*, osa 98, nro 3 (touko-/kesäkuu 2019), s. 135–144. "Nykyään tekoälyteknologiat ovat tehokkaita, mutta epäluotettavia. Sääntöihin perustuvat järjestelmät eivät pysty käsittelemään tilanteita, joita niiden ohjelmoijat eivät ole ennakoineet. Oppivia järjestelmiä rajoittaa data, jonka perusteella ne on koulutettu. Tekoälyn viat ovat jo johtaneet tragediaan. Autojen edistyneet autopilottiominaisuudet ovat, vaikka ne toimivatkin hyvin joissakin olosuhteissa, ajaneet autoja varoittamatta kuorma-autoihin, betoniesteisiin ja pysäköityihin autoihin. Väärässä tilanteessa tekoälyjärjestelmät muuttuvat superälykkäistä supertyhmiksi hetkessä. Kun vihollinen yrittää manipuloida ja hakkeroida tekoälyjärjestelmää, riskit ovat vielä suurempia." (s. 140.)

Schulz, Hannes; Behnke, Sven (1. marraskuuta 2012). "Syväoppiminen" (<https://www.researchgate.net/publication/230690795>). *KI – Künstliche Intelligenz*. 26(4): 357–363. doi:10.1007/s13218-012-0198-z (<https://doi.org/10.1007%2Fs13218-012-0198-z>). ISSN 1610-1987 (<https://search.worldcat.org/issn/1610-1987>). S2CID 220523562 (<https://ap.i.semanticscholar.org/CorpusID:220523562>).

Serenko, Alexander; Michael Dohan (2011). "Asiantuntijakyselyn ja viittauksien vertailu" "Julkaisujen ranking-menetelmät: Esimerkki tekoälyn alalta" (http://www.aserenko.com/papers/JOI_AI_Journal_Ranking_Serenko.pdf) (PDF). *Informatiikan aikakauslehti*. 5(4): 629–649. doi:10.1016/j.joi.2011.06.002 (<https://doi.org/10.1016%2Fj.joi.2011.06.002>). Arkistoitu (https://web.archive.org/web/20131004212839/http://www.aserenko.com/papers/JOI_AI_Journal_Ranking_Serenko.pdf) (PDF) alkuperäisestä 4. lokakuuta 2013. Haettu 12. syyskuuta 2013.

Silver, David; Huang, Aja; Maddison, Chris J.; ym. (28. tammikuuta 2016). "Pelin hallinta Käytä syviä neuroverkkoja ja puuhakua" (<https://www.nature.com/articles/nature16961>). *Nature*. 529(7587): 484–489. Bibliokoodi: 2016Natur.529..484S (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2016Natur.529..484S>). doi:10.1038/nature16961 (<https://doi.org/10.1038%2Fnature16961>). PMID 26819042 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26819042>). S2CID 515925 (<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:515925>). Arkistoitu (<https://web.archive.org/web/20230618213059/https://www.nature.com/articles/nature16961>) alkuperäisestä 18. kesäkuuta 2023. Haettu 19. kesäkuuta 2023.

Tarnoff, Ben, "Tekoälyn työteoria" (arvostelu Matteo Pasquinelli, *Mestarint silmä: A Tekoälyn sosiaalinen historia*, Verso, 2024, 264 sivua), *New Yorkin kirjojen arvostelu*, vol. LXXII, nro 5 (27. maaliskuuta 2025), s. 30–32. Arvioija Ben Tarnoff kirjoittaa: "Generatiivisen tekoälybuumin ytimessä oleva outous on se, ettei kukaan oikeasti tiedä, miten teknologia toimii. Tiedämme, miten ChatGPT:n ja sen vastineiden suuret kielimallit koulutetaan, vaikka emme aina tiedä, millä datalla niitä koulutetaan: niitä pyydetään ennustamaan seuraava merkkijono sekvenssissä. Mutta se, miten ne tarkalleen ottaen päättyvät mihiin tahansa ennusteesseen, on mysteeri. Mallin sisällä tapahtuvat laskelmat ovat yksinkertaisesti liian monimutkaisia kenenkään ihmisen ymmärettäväksi." (s. 32.)

Vaswani, Ashish, Noam Shazeer, Niki Parmar ym. "Tarvitaan vain huomiota." *Advances in neuroinformaatiokäsittelyjärjestelmät* 30 (2017). Uraauurtava artikkeli muuntajista.

Vincent, James, "Kiimainen robottivauvan ääni: James Vincent tekoälykeskusteluboteesta", *Lontoon arvostelu Kirjat*, vol. 46, nro 19 (10. lokakuuta 2024), s. 29–32. "[Tekoäly-chatbot]-Johigelmat ovat mahdollistettuja uusien teknologioiden ansiosta, mutta ne perustuvat ihmisen ajattomaan taipumukseen antropomorfisoitua." (s. 29.)

Valkoinen kirja: Tekoälystä – eurooppalainen lähestymistapa huippusaamiseen ja luottamukseen (https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/commission-white-paper-artificial-intelligence-feb2020_en.pdf) (PDF). Bryssel: Euroopan komissio. 2020. Arkistoitu (https://web.archive.org/web/20200220173419/https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/commission-white-paper-artificial-intelligence-feb2020_en.pdf) (PDF) alkuperäisestä 20. helmikuuta 2020. Haettu 20. helmikuuta 2020.

Ulkoiset linkit

- "Tekoäly" (<https://iep.utm.edu/art-inte>). *Filosofian internet-tietosanakirja*.
-

Haettu osoitteesta "<https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Tekoäly&oldid=1312671183>"