

Opinnäytetyö (AMK)

Tieto- ja viestintäteknikka

2025

Pasi Mattila

Tekoälyn kehitys nyt ja tulevaisuudessa



Opinnäytetyö (AMK) | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Tieto- ja viestintäteknikka

2025 | 32 sivua

Pasi Mattila

Tekoälyn kehitys nyt ja tulevaisuudessa

Tekoälystä on tullut suuri osa ihmisten päivittäistä elämää ja tieteellistä maailmaa. Tässä opinnäytetyössä tutkitaan tekoälykehityksen muuttumista. Miten tekoälykehitys on muuttunut vuosien varrella ja ketkä ovat vaikuttaneet tekoälyn kehitykseen? Mihin tekoäly on menossa? Voiko tekoäly nousta ihmistä vastaan? Työn tavoite on kertoa vastaukset näihin kysymyksiin ja pohtia tekoälytutkimuksen historian kautta nykytilaa, haasteita ja tulevaisuutta laajemminkin.

Työ on tehty kirjallisuuskatsauksena, jossa referoidaan tärkeitä tutkimuksia ja kirjoja tekoälykehityksestä kuten Alan Turingin ”Computing Machinery and Intelligenceä” ja Marvin Minskyn ”Steps Towards Artificial Intelligencea”.

Työn tuloksena voidaan päätellä, että tekoälyn merkitys yhteiskunnassa tulee kasvamaan. Tällä hetkellä suurin rajoite kehitystyössä on suoritinteho, suuremmalla määrällä suoritintehoa voisi ratkaista monimutkaisempia pulmia.

Tekoälystä voi potentiaalisesti tulla singulaarinen, ihmisen syrjäyttävä supertekoäly, mutta siihen liittyvät vielä ratkaisemattomat eettiset kysymykset jarruttavat kehitystä. Miten annamme ihmisille mielekästä tekemistä, jos tekoäly tekee kaikki työt?

Asiasanat:

tekoäly, historia, tekoälytutkimus, kielimallit

Bachelor's Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

ICT

2025 | 32 pages

Pasi Mattila

Development of AI: before, now and hereafter

This thesis aimed to research the progression of AI development. It provides an overview of what AI is, its current applications, its historical origins, the state of ongoing development, and potential future directions. The thesis also presents a chronological summary of key individuals and milestones that have shaped the evolution of AI, tracing developments from the 15th century to the present day.

The thesis was conducted as a literature review. The source material includes some of the most influential and widely recognized publications in the field of artificial intelligence, such as Alan Turing's seminal 1950 paper "*Computing Machinery and Intelligence*", Marvin Minsky's 1960 work "*Steps Toward Artificial Intelligence*", and the comprehensive university textbook "*Artificial Intelligence: A Modern Approach*". These sources were critically reviewed and analyzed to draw new conclusions based on their findings and insights.

Main findings of this review were that AI will continue to expand its influence in our society. However, further advancements will require increased computational power to solve more complex problems and deliver increasingly accurate outcomes.

With further research, AI can even achieve singularity, which means it can supersede humans in its skills and actions. This potential raises some ethical considerations such as how to ensure meaningful engagement and purpose for individuals whose roles may be replaced by AI. These ethical and societal

concerns could contribute to a slowdown or reassessment of AI development within the next 50 years.

Keywords:

Artificial Intelligence, LLM, history, AI research

Sisältö

Sanasto	6
1 Johdanto	7
2 Tekoälyn määritelmä	8
2.1 Turingin testi	8
2.2 Muita tekoälyn määritelmiä	9
2.2.1 Ihmisen jäljittely	10
2.2.2 Logiikka	10
3 Historia	13
3.1 Tekoälykehityksen synty, alkuajat ja ensimmäinen tekoälytalvi	14
3.2 Eksperttijärjestelmät ja toinen tekoälytalvi	17
3.3 Neuroverkot	18
3.4 Nykyaikainen tekoäly	19
4 Nykyhetki ja tulevaisuus	22
4.1 Ongelmat tekoälykehityksessä	22
4.1.1 Eettiset ongelmat	23
4.1.2 Muut rajoittavat tekijät	25
4.2 Tekoälyn tulevaisuus	26
4.3 Tekoäly ja kyberturva	27
5 Lopuksi	29
Lähteet	30

Sanasto

AI	Artificial Intelligence, tekoäly
LLM	Large Language Model, suuri kielimalli, joka osaa vastata käyttäjän kysymiin kysymyksiin
NPC	Non-playable character, pelihahmo, jota käyttäjä ei pysty liikuttamaan
muuttuja	matemaattinen symboli, jolle voi antaa eri arvoja tietyllä asteikolla, kuvataan usein kirjaimella x
brute force	"raaka voima", ongelmanratkaisutapa, jossa koitetaan jokaista mahdollista ratkaisua ongelmaan, kunnes oikea ratkaisu löytyy.
tekoälytalvi	Aika, jolloin tekoälyn kehitys on pysähtynyt tai lähes pysähtynyt.
neuroverkko	malli, joka koostuu sähköisistä pisteistä, jolla on riippuvaisuussuhteita toisiinsa
bugi (bug)	ohjelmointivirhe, joka saa laitteen toimimaan väärin
IoT	Internet of Things, esineet, joissa on älyominaisuuksia (älykello, -jääkaappi, -pesukone jne.)

1 Johdanto

Tekoäly on mullistanut maailmaa viimeisten vuosien aikana. Siitä on tullut tärkeä apuväline ihmisten arkeen ja tieteeseen. Popkulttuurissa on pitkään mietitty, että mitä jos tekoälystä tulee tietoinen ja se nousee kapinaan ihmisiä vastaan. Jo Terminator-elokuvat 80-luvun alkupuolella pyörittelivät ajatusta. Tässä opinnäytetyössä on tarkoitus pohtia, että miten tekoälykehitys on edistynyt ja muuttunut vuosien varrella ja onko huoli tekoälykapinasta aiheellinen.

Opinnäytetyö tehdään kirjallisuuskatsauksena, jonka aineistoina käytetään tekoälykehityksen perustutkimuksia. Aineistoista nostetaan havaintoja, joita pohditaan työn viimeisessä osiossa. Työn tavoitteena on selvittää tekoälykehityksen historiaa ja pohtia sen tulevaisuutta.

Opinnäytetyössä puhutaan tekoälystä ja sen syntymiseen vaikuttaneista tapahtumista ja henkilöistä, tekoälyn eri vaiheista ja kehityssuunnista ja tekoälyn nykytilasta ja tulevaisuudesta.

2 Tekoälyn määritelmä

Tekoäly on tietokone tai tietokoneohjelma, joka kykenee tekemään asioita, joita koemme älykkäiksi (Wikipedia 2025). Tällaisia asioita ovat esimerkiksi monimutkaisten laskutoimitusten tai kaavojen ratkaiseminen tai todistaminen, oman tekstin kirjoittaminen tai muiden tekstin kääntäminen kieleltä toiselle. Tekniikan kehittyessä tekoälylle löytyy koko ajan uusia sovelluksia ja käyttökohteita. Siltä voi kysyä vitsejä, sillä voi ohjata kodinkoneita ja talotekniikkaa, tai se rikastaa hakutuloksia googlatessa. Tekoäly on olennainen osa myös peleissä ja pelinkehityksessä, sillä pelimaailmoista ja peleistä saa paljon eläväisempiä hahmoilla, jotka reagoivat pelaajaan.

2.1 Turingin testi

Alan Turing oli yksi merkittävimmistä tutkijoista modernin tekoälytutkimuksen alkuaikoina. Turingin 1950 Mind-lehdessä julkaistu artikkeli ”Computing machinery and intelligence” käytännössä antoi alkusysäyksen koko tieteenalalle. Artikkelissa käsiteltiin kykyä koodata laitteita älykkäiksi eli siis käytännössä tietokoneen rakentamista. Artikkelissa mietittiin myös, mikä tekee ohjelmista älykkäitä, ja Turingin mukaan ”Jos ohjelma toimii kuin älykäs ihminen, silloin se on älykäs itsekkin.” Hän oli myös sitä mieltä, että tärkeintä ei ole ongelmanratkaisun välivaiheet vaan lopputulos, ja jos lopputulos on molemmilla sama, on ohjelma onnistunut. (Turing 1950)

Turingin mielestä ihmismäiseen ajatteluun ja olemiseen tarvitaan neljää ominaisuutta: kyky tuottaa puhetta, kyky varastoida paljon tietoa, päättelykyky hankitun tiedon soveltamiseen ja oppimistaitoa uusiin ympäristöihin sopeutumiseen ja uuden tiedon hankkimista varten. Tutkijat ovat jälkeempään lisänneet näihin vaatimuksiin kaksi kykyä lisää, näkökyvyn ja liikkumiskyvyn. Alan Turing myös oivalsi, että on helpompaa ohjelmoida algoritmeja, joilla koneet oppivat ja hankkivat itse uutta tietoa, kuin syöttää niille manuaalisesti uutta aineistoa. Tätä ajattelumallia käytetään edelleen.

Varsinainen Turingin testi "The Imitation Game" oli koe, jossa oli kolme osallistujaa, mies, nainen ja tietokone. Testin ideana oli nähdä, pystyykö tietokone esittämään miestä tai naista uskottavasti tai erottamaan miehen ja naisen toisistaan. Tietokoneen piti päätellä kumpi oli mies ja kumpi nainen. Koe käytännössä toimi niin, että mies ja nainen olivat vastaajia ja tietokone kuulustelija, joka ei nähnyt tai kuullut vastaajia. Tietokone sai esittää kysymyksiä kummalle vain, vastaajat vastasivat joko kirjoituskoneella kirjoitetulla paperilla tai välimiehen avustuksella, jotta äänensävyistä tai käsialasta ei voi päätellä vastausta. Sille sai valehdella ja koittaa johtaa harhaan. Toinen tapa, jolla testiä tehtiin, oli ihmisen laittaminen kuulustelijan paikalle ja tietokoneen toiseksi vastaajaksi. Jos ihminen ei erota kuulusteltavia toisistaan, on kone silloin älykäs. Tähän mennessä mikään tekoälyohjelma ei ole läpäissyt Turingin testiä. (Russell ja Norvig 2022)

Turingin testiä on myös kritisoitu. Useampi keskustelubotti kuten Natachata, Cyberlover ja Eugene Goostman ovat onnistuneet huijaamaan maallikkoja luovuttamaan itselleen vaikka henkilötietoja tai jopa ihastumaan itseensä, joten on herännyt kysymys onko Turingin testi sittenkin vain testi ihmisten hyväuskoisuudesta. Yksikään tekoälyn parissa työskentelevä henkilö ei ole erehtynyt, joten testiä pidetään silti läpäisemättömänä. Testi on kehittänyt ja valtavirtaistanut chatbotit asiakaspalveluihin ja verkkosivuille.

2.2 Muita tekoälyn määritelmiä

Tekoälytutkimuksen alkuaikoina oli monta eri tulkintaa, miten tekoälyä voi määritellä. Yksi koulukunta ajatteli tekoälyn ihmisen kopiona, miten tekoälyn saisi ajattelemaan kuin ihminen, toimimaan kuin ihminen jne. Toinen tutkijaryhmä ajatteli älyä logiikan kautta, että ajattelulla olisikin säännöt joita pitää noudattaa. (Russell ja Norvig 2022) Kaikissa lähestymistavoissa oli omat hyvät ja huonot puolensa, joten on hyvä, että niitä on kehitetty limittäin toistensa kanssa.

2.2.1 Ihmisen jäljittely

Tekoälytutkimuksen alkuaikoina oli monta eri tulkintaa, miten tekoälyä voi määritellä. Yksi koulukunta ajatteli tekoälyn ihmisen kopiona, miten tekoälyn saisi ajattelemaan kuin ihminen, toimimaan kuin ihminen jne. Tässä suuntauksessa keskityttiin ensisijaisesti ihmisiin, ja tehtiin läheistä yhteistyötä psykologian kanssa. Yhteistyö saavutti läpimurtoja, mutta lähinnä psykologiassa. Ensimmäisenä piti selvittää, mitä aivoissa tapahtuu ajatuksen aikana tai miten näköhavainto tallentuu aivoihin, ja kun oli kerätty tarpeeksi pohjatietoa, niistä tehdään käytösmalli tekoälyä varten. Tämä kehitysmalli jäi taka-alalle, koska keksittiin tehokkaampiakin tapoja mallintaa älykkyyttä kuin ihmisaivojen suora kopiointi. (Russell ja Norvig 2022)

Tämä suuntaus on ollut suuressa roolissa konenäön kehittämisessä ja sillä on opetettu tietokone lukemaan ajatuksia näyttämällä sille aivosähkökäyrää aivoista ajatuksen hetkellä. Kun AI on nähnyt tarpeeksi käyriä, se tunnistaa niistä toistuvia toimintamalleja ja sitä kautta osaa kertoa koehenkilön ajatuksista. (Russell ja Norvig 2022)

Ensimmäinen tämän koulukunnan kehittämä tekoälysovellus oli Allen Newellin ja Herbert Simonin General Problem Solver eli GPS vuonna 1957. Se ratkoi ongelmia jakamalla ongelman välitavoitteisiin ja ratkomalla niitä yksi kerrallaan. Se käytti ongelmanratkaisuun siihen ohjelmoituja sääntöjä ja kaavoja. GPS oli hyvä monenlaisissa eri ongelmissa, mutta sen suurin ongelma ohjelmassa oli sen huono skaalautuvuus, koska jokainen sääntö piti erikseen ohjelmoida sen muistiin, ja mitä enemmän sääntöjä kertyi, sitä hitaampaa ongelmanratkaisusta tuli. GPS oli kuitenkin osoitus symbolisen tekoälyn mahdollisuuksista ja siitä, että ihmisen ajattelua pystyy mallintamaan. (Newell 1963)

2.2.2 Logiikka

Logiikka on kaikkein vanhin tapa ajatella tekoälyä. Jo antiikin aikaan filosofit miettivät, miten ongelmia voisi ratkoa kaikkein tehokkaimmin. Filosofien

mielestä ajattelulle voitaisiin luoda säännöt, joiden avulla jokaisen ongelman voisi ratkaista. Ongelmana tässä lähestymistavassa on sen joustamattomuus, lähtötietojen pitäisi olla täsmälleen oikein, jotta ongelmat saataisiin ratkaistua. Sitä ei voisi myöskään soveltaa kaikille yhteiskunnan aloille kuten politiikkaan tai moraalisiin kysymyksiin, koska niissä ei ole vain yhtä oikeaa vastausta. Loogisen päättelyn huonojen puolien korjaamiseksi loogikot käyttivät todennäköisyyslaskentaa. Sen avulla epävarmoistakin lähtökohdista saatiin todennäköisesti hyviä tuloksia. (Russell ja Norvig 2022)

Toinen loogisen päättelyn ongelma tekoälyn suhteen on päättelyn ja "ajatusten" kääntäminen toiminnaksi, joka havainnoisi ympäristöään ja muokkasi käytöstään sen mukaan. "Rationaalinen tekijä" on kokonaisvaltainen tekoäly, joka yrittää antaa parhaan tai todennäköisesti parhaan ratkaisun sille annettuun pulmaan. Rationaalisessa tekijässä on otettu huomioon kaikki Turingin testin osa-alueet, eli puhekyky, muisti, päättelykyky, oppimistaidot ja lisäksi näkö- ja liikkumiskyky. Rationaalinen tekoäly voi muokata omia "ajattelutapojaan" ja käyttäytymismallejaan näkemänsä ja kokemansa pohjalta, eli se on hyvin lähellä ihmistä. Loogiseen ajattelumalliin verraten rationaalinen tekijä on parempi, koska rationaalisuus on helpommin määriteltävissä matemaattisesti kuin ihmistä imitoiva logiikka. (Russell ja Norvig 2022) Kuten logiikkamallia, myös rationaalisen tekijän mallia voi käyttää epätäydellisissä olosuhteissa. Sille täytyy kuitenkin antaa selkeä tehtävä, esimerkiksi "aja paikasta a paikkaan b" tai "lajittele nämä tavarat viiteen eri kasaan" tai muuten se ei toimi. Toimintaa saa kuitenkin parannettua ohjeistamalla tekoälyä kysymään tarkentavia kysymyksiä liittyen tehtävänantoon.

Rationaaliseen tekijään liittyy muitakin ongelmia. Jos ajatellaan itseajavia autoja, joille annetaan tehtäväksi ajaa mahdollisimman turvallisesti paikasta toiseen, se voi kulkea todella pitkiä kiertoreittejä tai todella hiljaista vauhtia määränpäähensä, kunhan vain on turvallista. Tätä kutsutaan arvojen kohtaamisongelmaksi (eng. value alignment problem). Arvojen kohtaamisongelman ratkaisuksi on kehitelty muuttuja, jota käyttäjät saavat itse säätää oman riskinotto kykynsä mukaan. Cambridgen yliopistossa on

tutkimusryhmiä, jotka tutkivat keinoja, joilla tekoälystä voisi muokata mahdollisimman ihmisten moraaliala jäljittelevän. Tekoälyn käyttö ja päätökset vaihtuvat muuttujan tai muuttujien arvon mukaan. Arvojen kohtaamisongelmaa tutkimalla voi ehkäistä LLM-tekoälymallien (large language model, suuri kielimalli) "hallusinoitioongelmaa" jossa tekoäly keksii itse tietoa, jota kertoo totuutena käyttäjälle. Mitä pidemmälle tekoälyn kehitys jatkuu, sitä kriittisempää ja vastuullisempää siitä tulee, koska tekoälylle voi antaa yhä monimutkaisempia ja tärkeämpiä tehtäviä ja pienetkin virheet tehtävänannossa tai AI:n päättelyketjuissa voivat aiheuttaa vakavia seuraamuksia.

3 Historia

Tekoälyä ja ajattelua auttavia koneita on mietitty kauan ennen varsinaisen tekoälyn tieteenalan syntyä. Jo 1305 Ramon Llull kehitti Ars Magnan, koneen, jossa pystyi pyörittelemään paperikiekkoja suhteessa toisiinsa. Sen avulla hän yritti rationalisoida uskonnollisia oppeja ja puolustella kristinuskkoa muslimeja vastaan. Kone hyödynsi logiikkaa, matemaattista symboliikkaa ja kombinatoriikkaa vastauksissaan. Koneessa ei ollut varsinaisesti kuitenkaan älyä, vaan se liikkui aina samalla periaatteella, tulokset riippuivat vain kiekkojen koosta suhteessa toisiinsa (The Editors of Encyclopedia Britannica 2024). 1500-luvun alussa Leonardo da Vinci keksi ensimmäisen laskimen, mutta ei ehtinyt itse rakentaa sitä. Ensimmäinen varsinainen laskin rakennettiin 1600-luvun puolivälissä, mutta on todistettu että da Vincin suunnitelmien pohjalta tehty laskinkin olisi toiminut. da Vincin piirrookset laskimesta löydettiin vasta 1960-luvulla, ja niiden pohjalta rakennettu laskin esiteltiin 1968 (Educalc 2022).



Kuva 1. Jäljennös da Vincin laskimesta (educalc.net)

Kolmas tekoälyä jäljittelevä keksintö oli 1770 esitelty The Turk, shakkikone, joka voitti vastustajansa poikkeuksetta. Se oli suuri läpimurto, sillä sen uskottiin ymmärtävän vastustajan liikkeitä ja pystyvän reagoimaan niihin. Oikeasti Turk oli huijaus, koneen sisällä oli ihminen ohjaamassa pelilaudan päässä istunutta hahmoa monimutkaisen vivustomekanismin avulla. (Buchanan 2005) Turkin salaisuus kuitenkin pysyi piilossa sen tuhoutumiseen asti, kunnes koneen viimeisen omistajan poika kertoi totuuden The Chess Monthly -lehdessä 1800-luvun puolivälissä (The Turk - Wikipedia 2025).



Kuva 2. Rekonstruktio The Turk -shakkikoneesta 1980-luvulta (wikipedia.org)

3.1 Tekoälykehityksen synty, alkuajat ja ensimmäinen tekoälytalvi

Walter Pitts ja Warren McCulloch tekivät 1940-luvun alussa ensimmäisen AI-tutkimuksen. He kehittivät keinotekoisia neuroneita, jotka jäljittelivät ihmisaivoja. Neuronit toimivat sähkövirralla, ja voivat olla joko päällä tai pois päältä. Neuronien avulla pystyttiin esittämään loogisia konjunktioita (ja, tai, ei, jos, jne.) lisäämällä niitä monta rinnakkain eri asentoihin (Russell ja Norvig 2022). Tämän pohjalta Donald Hebb kehitti Hebbin säännön, jonka mukaan toistuva stimulointi

neuronien välillä parantaa niiden välistä yhteyttä. Jos samaa asiaa toistaa monta kertaa, samat neuronit aktivoituvat. Hebbin havainnot olivat erittäin hyödyllisiä neuropsykologiassa, mutta myös tekoälytieteilijät hyötyivät niistä. Hebbin havaintojen pohjalta kehitettiin SNARC, joka oli ensimmäinen nykytietokonetta muistuttava tietokone. Siinä oli 40 synteettistä neuronua ja yli 3000 alipaineputkea säätämässä neuronien välistä vuorovaikutusta. Neuronit ohjelmoitiin niin, että useammin samaan aikaan syttyneitä neuroneja priorisoitiin ongelmanratkaisussa, sillä se teki ongelmanratkaisusta nopeampaa (Russell ja Norvig 2022). Jos samaan ongelmaan oli monta eri ratkaisua, ohjelma päättyi ensimmäisen löytyessä. Jos ratkaisua ei löytynyt, ohjelma loppui ja esitti virheilmoituksen.

1950-1970 -luvulla oltiin hyvin optimistisia tekoälyn suhteen, ja uskottiin, että tekoäly tulisi mullistamaan maailmaa hyvin pian. (Minsky 1962) Vuonna 1956 Dartmouthissa järjestettiin ensimmäinen tekoälykonferenssi, joka kesti kahdeksan viikkoa. Siihen osallistui sen ajan johtavat tutkijat kuten Marvin Minsky, John McCarthy, Allen Newell ja Herbert Simon. Konferenssin tuloksena tekoälyä alettiin ajattelemaan enemmän symbolisen lähestymistavan kautta. (History of Data Science 2021). 1958 John McCarthy keksi Lispin, josta tuli tekoälyn johtava ohjelmointikieli seuraavaksi 30 vuodeksi, ja sen myöhemmät iteraatiot ovat käytössä vielä nykyäänkin pienemmässä roolissa (Russell ja Norvig 2022). Massachusetts Institute of Technology (MIT), Carnegie Mellon University (CMU), Stanford ja Edinburgh perustivat oman tekoälyosastonsa, joissa kehitettiin esimerkiksi induktiivista päättelyä ja aikaisemmin mainittu General Problem Solver. (Buchanan 2005).

Ennen ensimmäistä taantumaa Stanfordin yliopistossa kehitettiin myös Dendral, ensimmäinen eksperttijärjestelmä. Sillä pystyi analysoimaan kemiallisia näytteitä, erityisesti erilaisia hiilivetyjä. Dendral oli ensimmäinen ohjelma, jossa oli koodista erillinen tietokanta. Kaiken tehtävään spesifin materiaalin pystyi tallentamaan tietokantaan ja ainakin teoriassa Dendralia olisi voinut soveltaa muuhunkin tarkoitukseen tallentamalla johonkin muuhun tehtävään sopivia kaavoja ja materiaaleja. Pelkkää tietokantaa päivittämällä ohjelmaa pystyi

pitämään ajan tasalla paljon helpommin. Dendral oli suuri saavutus tekoälykehitykselle, mutta käytännössä se ei ollut kovin hyödyllinen rajallisen laskentatehon takia. Se kuitenkin siirsi kehitystä vahvemmin tietopohjaiseen suuntaan. (Lindsay, ym. 1993)

Tekoäly ei yleistynyt vielä 1900-luvulla. Siihen oli syynä huonot algoritmit, jotka toimivat käytännössä "brute force" -menetelmällä, joka oli hidas ja tehoton. Toisena syynä olivat täysin epärealistiset odotukset. Kun ongelmat monimutkaistuivat, tietokoneiden laskentateho ei riittänyt. Myöskään symbolinen tekoäly, joka perustui päättelyyn ja logiikkaan eikä varmaan tietoon, ei vakuuttanut päättäjiä. Symbolinen tekoäly ei skaalautunut, oppinut itsenäisesti tai toiminut epämääräisillä tehtävänäannoilla lähellekään niin hyvin kun toivottiin. (Russell ja Norvig 2022)

1970-luvun alussa James Lighthill julkaisi raportin nimeltä "Artificial Intelligence: A General Survey" joka kritisoi 60-luvun optimistisia lupauksia tekoälyn suhteen. Samaan aikaan Yhdysvaltojen DARPA (Defence Advanced Research Projects Agency) pettyi varhaisen tekoälyn kielenymmärtämis- ja kääntämistaitoihin. (Russell ja Norvig 2022) Lighthillin raportissa tekoäly jaettiin kolmeen eri osioon, automaatioon, neuroverkkoihin ja ne yhdistävään "siltaan" eli robottien rakennukseen. Automaatio ja neuroverkot lunastivat kohtalaisesti niihin kohdistetut odotukset, mutta robottiprojekteja pidettiin epäonnistuneina. (Lighthill 1972) Jo raportin kirjoitusvaiheessa 60-70 -luvuilla uskottiin, että ihmistä imitoivien robottien rakennus olisi mahdollista, vaikka se onnistui länsimaissa vasta noin parikymmentä vuotta myöhemmin Battelle's Northwest Laboratoriesin kehittämän Mannyn kanssa. Manny osasi hengittää ja hikoilla, ja sen raajoja pystyi liikuttamaan moneen suuntaan. (cyberneticzoo.com 2011). Japanissa ja muualla Aasiassa Lighthillin raportti ei aiheuttanut kohua. He olivat kehittäneet Mannyn kaltaisen robotin WABOT-1:n Wasedan yliopistossa jo 1972. Se pystyi kommunikoimaan, liikkumaan, liikuttamaan tavaroita ja mittaamaan etäisyyksiä silmillään. (Waseda University Humanoid Robotics Institute 1985)

Raportin seurauksena tekoälyn kehitysohjelmien rahoitusta leikattiin länsimaissa ja alkoi ”tekoälytalvi”, jonka aikana ei tapahtunut suuria kehitysaskelia. Japanissa ja muualla Aasiassa ei ollut samanlaista taantumaa. Ajanjakso kesti Euroopassa ja Amerikassa vuoteen 1980 asti.

3.2 Eksperttijärjestelmät ja toinen tekoälytalvi

Edellä mainittu Dendral oli eksperttijärjestelmien esikuva. Sitä seurasi Mycin, joka oli työkalu lääkäreille verisairauksien ja verenmyrkytysten hoitoon. Ne toimivat samalla periaatteella, molempiin oli talletettu suuria määriä sääntöjä joiden mukaan koneen piti suorittaa. Mycinin ongelmana oli, ettei säännöt perustuneet mihinkään teorioihin, vaan niitä oli kerätty haastattelemalla lääkäreiltä. Täten sääntöihin saattoi jäädä aukkoja, ja kone ei osannut ratkaista kaikkia tilanteita. Se oli silti pääosin tehokkaampi kuin kokemattomat lääkärit. Mycinin suurin edistysaskel oli varmuuskertoimet, joiden mukaan se teki päätöksiä. Se suosi ratkaisuja, jotka vaikuttivat todennäköisemmiltä syötettyjen tietojen perusteella ja näin onnistui vähentämään epävarmuutta. Se kuitenkin arvioi sille annettuja tietoja itsenäisinä, eikä toisiinsa liittyvinä kohteina, joten sen arviot saattoivat mennä pahasti pieleen. (Russell ja Norvig 2022)

Ensimmäinen eksperttijärjestelmä, joka onnistui myös kaupallisesti, oli 1982 julkaistu R1, toiselta nimeltään XCON. Sen tehtävä oli valita asiakkaiden tarpeisiin mahdollisimman sopivat osat heidän tietokonejärjestelmiinsä. Xcon oli tehtävässään parempi kuin ihmiset 2500 sääntönsä avulla ja säästi yrityksille paljon rahaa nopeuttamalla tilausprosesseja ja vähentämällä komponenttien vaihtamisen tarvetta. Xconin julkaisun aikaan kaikki tietokoneen osat, kaapelit, ohjelmat, lisälaitteet ja ajurit täytyi ostaa erikseen, joten toisiinsa sopimattomien komponenttien hankinnan riski oli suuri. Lähes jokainen amerikkalainen suuryritys halusi oman eksperttijärjestelmänsä, Xconin onnistumisen jälkeen rahoitus ja odotukset järjestelmille olivat huipussaan. (Russell ja Norvig 2022)

Eksperttijärjestelmistä ei tullut pysyvää trendiä. Sääntöihin perustuva toimintamalli teki niistä huonoja skaalautumaan ja vaikeita ylläpitää. Kun sääntöjen määrä alkoi lisääntyä, ne menivät ristiin toistensa kanssa ja laitteiden tallennustila täyttyi. Eksperttijärjestelmillä ei ollut myöskään oppimiskykyä eivätkä ne kestäneet epävarmuutta Myciniä lukuunottamatta. (Russell ja Norvig 2022) Hyvä esimerkki eksperttijärjestelmien ongelmista on Cyc, 1984 esitelty projekti, jonka tavoitteena on luoda koneelle ihmisen kaltainen ymmärrys maailmasta. Kehittäjien mukaan ymmärrystä ei voisi saavuttaa ilman suurta määrää yleissivistävää tietoa, joten Cycin tietokantaan on tallennettu yli 10 miljoonaa käsitettä ja sääntöä. Kone osaa tarjota päättelyn avulla vastauksia sille esitettyihin kysymyksiin, mutta ei osaa kerätä tietoa itse vaan kaikki täytyy syöttää erikseen. (Cycorp 2025) Se tekee tietokannan päivittämisestä hidasta ja kankeaa. Sääntöjen suuri määrä tekee myös päättelystä hidasta. Kolmas ongelma sen kanssa on sen huono sovellettavuus ongelmiin. Koska se ei voi itse oppia sille tehdyistä kysymyksistä ja se on luonteeltaan enemmän yleinen tietokanta, esimerkiksi GPT-kielimallit ovat paljon käytännöllisempia varsinaiseen ongelmanratkaisuun. Cycorp kehittää Cycia edelleen, huolimatta sen huonosta kaupallisesta menestyksestä.

Samaan aikaan, kun eksperttijärjestelmät eivät täyttäneet odotuksia, markkinoille alkoi valua PC-tietokoneita, jotka syrjäyttivät suuret ja monimutkaiset eksperttijärjestelmät. Nämä syyt yhdistettynä projektien rahoittajien kiinnostuksen lopahtamiseen johti toiseen tekoälytalveen 80-luvun loppupuolella.

3.3 Neuroverkot

Toinen tekoälytalvi kesti vuodesta 1987 vuoteen 1993. Sen aikana kehitettiin tekoälylle tärkeitä teknologioita, mutta ne eivät herättäneet suurta kiinnostusta rahoittajien ja tiedepiirien sisällä. Kehityksen merkitys ja hyöty huomattiin vasta 2000-luvun alussa, kun neuroverkot ja koneoppiminen alkoivat nousta pinnalle.

1980-luvun puolivälissä toisistaan erilliset tekoälytutkijaryhmät kehittivät vastavirta-algoritmin (eng. back propagation). Sitä oli tutkittu jo 1960-luvulla, mutta silloin sille ei nähty käyttöä, koska sen ajan neuroverkot eivät olleet tarpeeksi tehokkaita. (Russell ja Norvig 2022) Myöhemmin on selvinnyt, että suomalainen matemaatikko Seppo Linnainmaa on kehittänyt sen jo kymmenen vuotta aikaisemmin, mutta hän ei ollut sidoksissa tekoälynkehitykseen millään tavalla. Algoritmi oli suuri askel symbolisista, säännöistä koostuvista tekoälysovelluksista kohti oppivaa tekoälyä. Algoritmi käytännössä toimi niin, että sille on määritelty hukka-funktio (eng. loss function), joka koostuu ihmisen antamasta luokituksesta jollekin kuvalle ja koneen ennusteesta kyseiselle kuvalle. Kun funktio on määritelty, sille lasketaan gradientti, joka pienentää hukka-funktion virhettä. Mitä lähemmäs nollaa gradientti pääsee, sitä tarkemman ennustuksen neuroverkko antaa. Gradientin laskeminen nopeutuu, kun neuroverkon kerroksia kiivetään takaperin eli vastavirtaan. (Linnainmaa 1970)

Toinen neuroverkkojen ominaisuus oli Markov- ja piilo-Markov -mallit, jotka perustuivat Markovin oletukseen. Markovin oletuksen mukaan funktion seuraava tila riippuu vain sen nykytilasta, ei historiasta. Ne olivat hyödyllisiä esimerkiksi puheentunnistuksessa tai sääennusteissa, jossa ei tarvitse käsitellä pitkiä riippuvaisuuksia taaksepäin. Markovin mallia käytetään esimerkiksi sääennusteissa, joissa voi laskea todennäköisyyksiä huomisen sääälle tämän päivän sään perusteella. Piilo-Markov eroaa Markovista siten, että se tekee päätelmänsä johtolangoista, kuten "maa on märkä -> ulkona sataa" tai puheentunnistuksessa "kuulostaa ii äs oo -äänteiltä peräkkäin -> tarkoittaa sanaa iso" (Russell ja Norvig 2022)

3.4 Nykyaikainen tekoäly

Tämän hetken tekoälysovellusten, kuten ChatGPT:n tai Copilotin juuret ovat neuroverkoissa ja koneoppimisessa. Nykyaikaiset tekoälyvariaatiot peleissä,

kyberturvassa ja muilla yhteiskunnan osa-alueilla pohjautuvat monimutkaisiin algoritmeihin ja neuroverkkoihin, joita on koulutettu suurilla määrillä materiaalia.

Suurin tekijä tekoälyn viimeaikaiseen kehitykseen on ollut internetin yleistyminen ja laskentatehon lisääntyminen. Täten tekoälylle on voitu koostaa internetin välityksellä kerättyjä valtavia datapaketteja eri aiheista, kuten vaikka shakkipeleistä tai koko Wikipedian sisältö. Tätä tarkoitusta varten on täytynyt kehittää uudenlaisia algoritmeja, jotka osaavat hyödyntää suuria datapaketteja tehokkaasti. Tekoäly voi kouluttaa itse itseään, eikä sille tarvitse kuin antaa materiaalia koulutukseen.

Tekoälyn oppimisprosesseissa voi olla virheitä, esimerkiksi sanoilla on kaksoismerkityksiä, eivätkä vaikkapa sanonnat käänny ilman kontekstia kovinkaan hyvin. Kun aineistot ovat tarpeeksi suuria, virheet pienenevät, mitä useammin samaa asiaa sivutaan. (Yarowsky 1995)

Nykyaikaisen tekoälyn virstanpylväitä ovat olleet shakkikone Deep Bluen voitto suurmestari Garry Kasparovista 1997, vuonna 2005 Stanfordin yliopiston tekoälyosaston voitto maastoautokisassa ja 2012 Alexnet-neuroverkon voitto kuvantunnistuskilpailu ILSVRC:ssä.

Deep Blue oli monimutkainen ohjelma, johon oli ohjelmoitu kaavoja avoimilla parametreilla. Parametrejä oli yli 8000 erilaiseen tilanteeseen. Ohjelma säätö parametrien arvot itse analysoimalla sille annettuja 700 000 suurmestarien välistä shakkipeliä. (Campbell 1999) Tapahtuma oli merkittävä, koska se oli ensimmäinen kerta kun kone onnistui voittamaan ihmisen shakissa, jota pidettiin maailman vaikeimpana pelinä. Se oli osoitus tekoälyn laskentatehon lisääntymisestä ja oppimiskyvystä, vaikka se käyttikin ”vanhentunutta” symbolista tekoälyä.

Vuonna 2005 Stanfordin yliopiston tutkijaryhmä ”Stanford Racing Team” osallistui DARPA:n kilpailuun, jossa tavoitteena oli rakentaa auto, joka osaisi navigoida 132 mailin mittaisen maastoajoradan omin avuin maaliin. Auto ”Stanley” onnistui tehtävässään, läpäisten radan alle seitsemässä tunnissa. Stanley oli tavallinen Volkswagen Touareg, jota oli muokattu sopivammaksi

maastoajoon, mutta sitä ohjasi seitsemän Pentium M prosessoria, jotka ohjasivat auton muita järjestelmiä. Ympäristöä havainnoitiin neljällä lasermitalla, kaikuluotaimella, stereokameroilla ja yksisilmäisellä kameralla. Nämä pitivät auton poissa esteistä, yksisilmäinen kamera katsoi kauas ja muut järjestelmät tarkkailivat auton lähiympäristöä. Autossa oli myös inertiamittari, joka esti autoa kaatumasta. Nämä järjestelmät oli paritettu auton ratin ja polkimien kanssa Volkswagenin kehittämää drive-by-wire -tekniikkaa käyttäen. Autoa seurattiin kauempaa GPS-paikannusjärjestelmän avulla. (Team 2005) Auton kehitystyö oli suuri askel itseajavia autoja kohti, ja osoitus siitä, että on mahdollista yhdistää noin monta järjestelmää saumattomasti yhteen. Maaliin pääsi neljä muutakin autoa, mutta Stanley oli ainoa, joka pääsi radan läpi osumatta esteisiin.

AlexNet kehitettiin vuonna 2012 osallistumaan kuvantunnistuskilpailuihin ja sitä pidetään ensimmäisenä ohjelmana, joka yhdistää syväoppimista ja neuroverkkoja. Sen kehittivät Alex Krizhevsky, Ilya Sutskever ja Geoffrey Hinton Toronton yliopistossa. Se voitti kilpailun yli kymmenen prosenttiyksikön erolla seuraavaan ja sai aikaan suurta kiinnostusta syväoppimista kohtaan. Suuret teknologiajätit, kuten Microsoft ja Google alkoivat kehittää omia syväoppimisneuroverkkojaan sen seurauksena.

AlexNetissä oli kahdeksan kerrosta verkkoja, joilla oli kaikilla eri merkitys. Ensin oli kolme konvoluutiokerrosta, jotka poimivat kuvista tunnistettavia piirteitä, kuten muotoja ja rakenteita. Sitten oli niin kutsuttuja pooling-kerroksia, jotka vähensivät kuvien tarkkuutta säilyttäen niiden tunnuspiirteet, jotta laskennasta tulisi kevyempää. Lopuksi täysin yhdistetyt kerrokset vetivät yhteen konvoluutiokerrosten keräämät havainnot ja tekivät sen perusteella päätöksen mitä kuvassa on. Jokaisessa kerroksessa on lisäksi aktivointifunktio, joka käytännössä mahdollistaa neuroverkon oppimisen. AlexNetissä käytettiin ReLU-funktiota (Rectified Linear Unit), joka teki oppimisesta nopeampaa kuin muilla neuroverkoilla. Lopputuloksena AlexNet antaa arvion siitä mitä kuvassa on ja todennäköisyyden sille, esimerkiksi ”koira 89%” (Geoffrey Hinton 2012)

4 Nykyhetki ja tulevaisuus

Nykyään tekoälyä käytetään lähes kaikkialla, teollisuudessa, varastoissa, autoissa, sodankäynnissä, lääketieteessä... listaa voisi jatkaa loputtomiin. Selkeimmät esimerkit ovat suuret kielimallit (LLM) kuten Copilot, ChatGPT ja Deepseek, joilta voi kysyä neuvoa monenlaisiin pulmiin koodaamisesta matkaneuvoihin ja viikon ruokalistaan sekä kamerat, joissa on monenlaisia kuvanmuokkaus ja -vakautustoimintoja sisäänrakennettuina. Tekoälystä ja erityisesti neuroverkoista on tullut niin kehittyneitä ja arkipäiväisiä, että niillä voi tehdä kuvia, jotka eivät eroa aidoista ihmisen ottamista tai maalaamista kuvista juuri mitenkään.

4.1 Ongelmat tekoälykehityksessä

Tekoälyn kehittämisessä on myös monenlaisia ongelmia. Sillä on paljon voimaa, jolla ratkaista monimutkaisia ongelmia, mutta myös paljon väärinkäyttöpotentiaalia. Esimerkiksi kielimallien varhaisissa versioissa niille oli annettu paljon tietoa, mutta tiedon hakemista ei ollut rajoitettu mitenkään. Jos ihminen vaikka kysyi atomipommin rakennusohjetta, tekoäly antoi sen kohta kohdalta kerrottuna kyseenalaistamatta käyttäjän tarkoitusperiä. Tämän jälkeen kielimalleihin on koodattu estoja haitallisille aiheille. Rikolliset ovat tehneet ChatGPT:stä omia versioitaan, joita he ovat käyttäneet erilaisten petosten, virusten ja huijausten suunnitteluun (NetGuardians 2024). Esimerkiksi huijausviestien kirjoittaminen usealla eri kielellä on suurella kielimallilla todella helppoa verrattuna käsin kirjoittamiseen.

Toinen tärkeä asia neuroverkkojen kouluttamisessa on koulutusmateriaalien tasapuolisuus. Jos materiaaleissa on korostumia, tekoäly muokkaa päätöksentekoaan liikaa siihen suuntaan eikä pysy puolueettomana. Jos tekoälylle oltaisiin syötetty vaikka Dostojevskin kirjallisuutta enemmän kuin muita, kaikissa sen kirjoittamissa fiktiivisissä teksteissä näkyisi Dostojevskin kädenjälki. Vastaavasti kasvojentunnistusohjelmassa on tärkeä olla ihmisiä

kaikista etnisyyksistä ja sukupuolista, muuten osa kasvoista jäisi tunnistamatta. Iltalehti julkaisi uutisen, jossa Teslan autopilotti ei ole tunnistanut eläimiä ja ajanut niiden päältä. (Iltalehti 2025.) Jos Teslan kuvantunnistusohjelmalla olisi ollut enemmän kuvia, joista opetella, tulokset olisivat parempia. Tämä myös todistaa, ettei täysin itseajavat autot ole vielä kovinkaan lähellä valtavirtaa.

4.1.1 Eettiset ongelmat

Tekoälyyn liittyy paljon eettisiä ongelmia. Osa niistä on hyvin relevantteja juuri tällä hetkellä ja osa vasta ajatuksen tasolla. Yksi suurimmista ongelmista on vastuukysymykset. Kuka on vastuussa, kun tekoäly tyrii, käyttäjä, laite, vai sen valmistaja? Yksi ratkaisu ongelmaan yritysmaailmassa olisi jakaa jokaiselle laitteelle tai robotille vastuuhenkilö, joka on vastuussa syötteiden tekemisestä laitteelle. Sekään ei ole vedenpitävä ratkaisu, sillä joskus tietokoneisiin ilmestyy selittämättömiä bugeja, kun laitteessa pyörivä koodi joutuu väärään paikkaan ja laite alkaa toimimaan väärin tai menee jumiin. Bugeja voi ehkäistä tarkalla testaamisella, mutta laitteita ei ole varaa testata niin läpikotaisesti, ettei yhtäkään bugia esiintyisi. Bugit voivat esiintyä vain tietyissä tilanteissa tai tietyssä lämpötilassa, eikä välttämättä edes joka kerta samaa tilannetta simuloidessa, joten korjaaminen on haastavaa.

Toinen iso ongelma liittyy tietosuojaan. Kun tekoäly tulee lähemmäs henkilökohtaisia elämiämme, jopa lukee ajatuksemme, jos Elon Muskin Neuralink julkaistaan, mistä tiedämme, missä kaikkea meistä saatua dataa säilytetään ja kuka siihen pääsee käsiksi? Voiko tuottamamme dataa käyttää valvontamielessä rikoksien ehkäisemiseen? Vaatisi paljon resursseja kehittää ohjelma, joka voisi lajitella kaiken tuottamamme datan, mutta tulevaisuudessa se voisi ainakin teoriassa olla ihan mahdollista. EU:ssa käsitellään tälläkin hetkellä Chat Control -lakia, jossa pyritään hyvän asian varjolla lukemaan ihmisten yksityisiä viestejä (Breyer 2025). Kun kirjoitetut viestit netissä pystyisi yhdistämään ajatuksiin ja kasvojentunnistukseen kadulla, tekoäly tarjoaa paljon potentiaalia ihmisten valvontaan. Euroopassa edellä mainittu valvonta on Chat Controllista huolimatta kaukana, sillä GDPR-tietosuoja-asetus rajoittaa

tietojemme käyttöä paljon enemmän kuin esimerkiksi amerikkalaiset tietosuojasetukset.

Tekoälyllä ei ole moraalia, joten sen kehittämiseen on luotu eettisiä sääntöjä. Vuonna 2010 Brittien Engineering and Physical Sciences Research Council laati periaatteet robotiikan kehittämiseksi. Periaatteet olivat varmista turvallisuus ja reiluus, kunnioita yksityisyyttä, arvosta yhteistyötä, rajoita tekoälyn käyttöä haitallisiin aiheisiin, vaadi vastuunkantoa, vaali ihmisoikeuksia ja arvoja, muista monikulttuurisuus, vältä vallan kasautumista, ymmärrä lait ja asetukset ja harkitse työllisyydelle aiheutuvia seurauksia. (Russell ja Norvig 2022) Näitä periaatteita noudattamalla tekoälyn kehittämisestä tulee melko eettistä, vaikka osa arvoista on vaikeasti mitattavissa ja subjektiivisia. Vuonna 2024 EU julkaisi puitteet tekoälyn hyödyntämiseksi. Sen tavoitteena on varmistaa, että kehittäminen on eettistä ja noudattaa demokratian ja ihmisoikeuksien periaatteita. Euroopan unionin maiden lisäksi puitesopimuksen on allekirjoittanut EU:hun kuulumattomat Euroopan maat ja Japani, USA ja Kanada (Council of Europe 2025).

Viimeinen eettinen ongelma liittyy työntekoon. Jos automaatiot korvaisivat suuren osan ihmistyöntekijöistä, mitä irtisanotut työntekijät tekisivät? Lisäksi suurin osa automaatioiden tuotoista valuisi koneiden omistajille, joka loisi maailmasta äärimmäisen epätasa-arvoisen ja ihmisistä tyytymättömiä. Olisiko maailma jatkuvassa sotatilassa yritysten ja tehtaiden omistajia vastaan? Kummalla puolella yrityksissä edelleen töissä olevat olisivat? Ongelman voisi ratkaista nostamalla yritysveroja tai tekoäly-yritysveroja reilusti korkeammalle ja jakamalla tuotot työttömille, mutta se vaatisi maiden välistä yhteistyötä, jotta yrityksiä ei voisi siirtää halvemmän verotuksen piiriin jonnekin muualle. Toinen ratkaisu olisi palata vanhaan 1800-luvun malliin, jossa yrityksen omistaja tarjosi yhteisölle palveluja, kuten asuntoja ja kouluja omalla kustannuksellaan. Tosin silloinkin omistaja hyötyi investoinnistaan, koska sai lisää osaavaa työvoimaa yritykseensä vastineeksi.

4.1.2 Muut rajoittavat tekijät

Tekoälykehityksessä on muitakin kysymyksiä, mihin täytyy vastata ennen kuin tekoäly ottaa seuraavan askeleen. Suurin kysymys on arkkitehtuuri, jatketaanko tätä rationaalinen agentti -kehityssuuntaa vai halutaanko tekoälystä oikeasti ihmisen lailla toimiva ja ajatteleva olento? Myös aiemmin mainitulla symbolisella tekoälyllä on puolensa, se on hyvä pitkissä päättelyketjuissa ja syy-seuraussuhteissa, kun taas neuroverkot sietävät epävarmuutta ja tuovat oppimiskykyä.

Jos tekoälystä tehtäisiin täysin rationaalista agenttia tai olentoa, joka hallitsisi monta elämän osa-aluetta samaan aikaan, tarvittaisiin todella paljon lisää laskentatehoa, jotta tekoäly voisi oppia yhtä nopeasti ja spontaanisti kuin ihminen. (Russell ja Norvig 2022) Tähän mennessä tekoälyä on kehitetty lähinnä yhtä tarkoitusta varten kerrallaan, shakkikone, kielimalli, autopilottiohjelma jne. mutta jos ne kaikki yhdistettäisiin, kasassa olisi niin paljon tietoa ettei nopeinkaan supertietokone ehtisi prosessoimaan sitä tarpeeksi nopeasti. Tulevaisuudessa kvanttietokoneiden kehitys saattaa auttaa asiassa, riippuen siitä kuinka valtavirtaa niistä saadaan.

Tekoälyn lisääntyminen lisää myös sähkönkulutusta. Vuodesta 2017, kun tekoäly alkoi yleistymään valtavirtasovelluksissa, vuoteen 2023 datakeskusten kuluttama energia on tuplaantunut (MIT Technology Review 2025).

Datakeskuksista saa varmasti energiatehokkaampia, mutta lisääntyvä data ja kielimallien kasvava käyttöaste lisää energiankulutusta jatkossa vielä enemmän. USAssa on jo aloitettu uusien ydinvoimaloiden rakentaminen datakeskusten tarpeisiin (MIT Technology Review 2025) ja Suomessakin Fingrid rajoittaa paljon energiaa käyttävien yritysten liittymistä verkkoon (Yle 2025). Yllämainitun MITn tutkimuksen mukaan yksi haku kielimallilla keskimäärin kuluttaa vähintään 3000 joulea energiaa. Tämä oli laskettu Metan Llama-mallia käyttäen, sillä se on avoimen lähdekoodin sovellus, toisin kuin Copilot tai ChatGPT. Datakeskuksia halutaan Suomeen halvan energian takia, muualla maailmassa energia maksaa jo valmiiksi paljon, mutta mihin

datakeskukset perustetaan sitten kun kaikkialla on kallista? Kasvaneet kulut voitaisiin kattaa tekemällä kaikista kielimalleista maksullisia. Se auttaisi myös vähentämään tarvetta datakeskuksille kun liikennettä olisi vähemmän.

4.2 Tekoälyn tulevaisuus

Tekoälykehityksen seuraava askel on rakentaa tekoälysovellusten ympärille samanlainen ekosysteemi kuin muillakin sovelluskehittäjillä. Tällä hetkellä ala on vielä niin nuori, ettei kunnollisia koulutusohjelmia ole vielä olemassa. Tällä hetkellä alalla olevat ihmiset ovat joko tekoälytyökalujen kehittäjiä tai itseoppineita koodareita, jotka ovat opetelleet käyttämään työkaluja. (Russell ja Norvig 2022). Turun ammattikorkeakoulussa on alkanut tekoälyn erikoistumislinja tieto- ja viestintätekniikan insinööriopinnoissa muutama vuosi sitten, joten uusia ammattilaisia alkaa siirtyä alalle.

Googlen tekoälyosaston johtaja Jeff Deanin mukaan kokonaisvaltaisen tekoälyn kehittämiseksi kannattaisi ottaa yksi mahdollisimman laaja järjestelmä pohjaksi ja laajentaa sitä, mieluummin kuin alkaa rakentaa kokonaan uutta järjestelmää tyhjästä uudella arkkitehtuurilla. (Russell ja Norvig 2022) Tekoälyn kehittyminen ihmisten ohi jakaa mielipiteitä, osa tutkijoista sanoo, että siinä kestää sata vuotta, toiset veikkaavat kymmeniä vuosia ja kolmannet ikuisuutta.

Kehitysnopeuteen vaikuttaa moni asia. Yksi on päättäjät, jos tekoälyä rahoitetaan runsaasti julkisella rahalla, ja tehdään tekoälylle suotuisia lakeja, kehitys nopeutuu. Toinen on laskentateho, kuinka nopeasti pystymme luomaan tehokkaampia tietokoneita ja minkälaisia läpimurtoja pystymme luomaan lisääntyneellä laskentateholla. Kolmanneksi on paljon epävarmuuksia, joista emme vielä edes tiedä, edistysaskeleiden mukana löytyy yleensä uusia ongelmia. Arvostettu tekoälytutkija Nicolas Carlini ajattelee, että tekoälynkehitykselle on kaksi suuntaa, eksponentiaalinen tai lähes täysi pysähtyminen. Hänen mukaansa eksponentiaalinen kasvu on mahdollista, jos annamme kielimallien iteroida omaa koodiaan. Samaa tekniikkaa on käytetty

myös pelikäytössä olevissa tekoälysovelluksissa kuten Go- tai shakkiboteissa. Kaksi bottia on laitettu pelaamaan toisiaan vastaan, ja ne oppivat ja kehittyvät pelaamistaan peleistä. Toisessa ääripäässä Carlini käyttää esimerkkinä Yhdysvaltain avaruusvirasto NASAa. NASA perustettiin 1958, kolme vuotta myöhemmin ensimmäinen ihminen laukaistiin avaruuteen ja alle kymmenen vuotta siitä ihminen oli käynyt kuussa. (Carlini 2025) Innostus avaruuden ympärillä oli kovaa, ja voisi ajatella, että kohta olisimme valloittaneet kuun kokonaan ja kävisimme siellä säännöllisesti. Rahoitusta NASAn ympärillä kuitenkin leikattiin nopeasti kuussa käynnin jälkeen ja avaruustutkimus jämähti lähes paikoilleen. NASAn tapauksesta voi vetää samanlaisia suuntaviivoja myös tekoälyyn, tosin tekoäly on yleishyödyllisempi työkalu, eikä sen kehitys ja rahoitus ole pelkästään amerikkalaisista kiinni.

4.3 Tekoäly ja kyberturva

Tekoäly on vaikuttanut myös kyberturvaan. Kielimallien myötä virusten kehittäminen ja koodaaminen on paljon nopeampaa kuin ennen ja haavoittuvuuksien etsimisestä on tullut entistä helpompaa. Hyökkäyksiä voi myös automatisoida, mikä tekee puolustautumisesta hankalampaa ja nopeatempoisempaa. Haavoittuvuuksien etsiminen on helpottunut myös puolustautujan puolella, uusien kyberturvaratkaisujen luomisesta ja testaamisestakin on tullut nopeampaa. Myös petos- ja phishing, eli tietojenkalasteluviestien kirjoittamisesta on tullut helpompaa ja uskottavampaa. Niihin saatetaan liittää deepfake-videoita, jotka ovat tekoälyn tekemiä lähes aidon näköisiä videoita, joissa esiintyy yleensä joku tuttu julkisuuden henkilö. Julkisuuden henkilön tai muun auktoriteetin käyttäminen viestissä lisää sen uskottavuutta. Niiltä suojautumiseen tekoälyn voi valjastaa valvomaan sähköpostiviesteissä esiintyviä epäilyttäviä fraaseja ja varoittamaan käyttäjää. Muita tapoja suojautua huijausviesteiltä ovat hyvät suodattimet sähköposti- ja tekstiviestilaatikoihin ja käyttäjien valistaminen huijausviestien vaaroista.

Tekoäly on tehnyt laitteiden valvomisesta helpompaa. Kun ennen ihmisen on pitänyt valvoa suurta määrää laitteita tai dataa kerrallaan ja reagoida kun näkyy

jotain epäilyttävää, tekoäly tarttuu epäilyttäviin asioihin heti, kun taas ihmisen keskittymiskyky on voinut herpaantua. Käytännössä kaikissa nykyajan tietoturvatyökaluissa palomuuureista IoT-ratkaisuihin on käytetty tekoälyä. Internet of Things tarkoittaa esinettä, jossa on nettiyhteys ja älyominaisuuksia, kuten vaikka älykello, älyjääkaappi tai älypesukone.

Tekoäly on hyvä työkalu kyberturvallisuuden ylläpitoon, mutta on tärkeää muistaa arvioida sen toimintaa kriittisesti ja tehdä kaikki tärkeät päätökset itse.

5 Lopuksi

Tekoälytutkimus on edistynyt valtavasti näiden 75 vuoden aikana. Edistys ei ole ollut niin nopeaa tai lineaarista kuin alkuun kuviteltiin, mutta nyt ollaan vihdoin siinä tilanteessa, jossa kuvittelimme olevamme 50 vuotta sitten. Tekoälystä on tullut osa ihmisten arkea, apuväline, joka tehostaa ihmisen toimintaa. Samalla, kun tekoäly kehittyy ja yleistyy, ihmisten ei pitäisi siirtää ajatteluaan sen varaan, vaikka se kuulostaakin helpolta ja houkuttelevalta. Sen ympärillä on edelleen paljon käyttämätöntä potentiaalia, mutta myös paljon kysymyksiä, joihin pitäisi vastata. Tekoälyn hyödyntäminen vie paljon sähköä ja sähköntuotantoon liittyy aina päästöjä tai riskejä. Kokonaisvaltaisten tekoälysovellusten luomiseksi tarvittaisiin valtavat määrät tasalaatuista harjoittelumateriaalia ja suuret määrät laskentatehoa, jota ei ole vielä keksitty. Tekoälyyn liittyy paljon eettisiä kysymyksiä, kuinka paljon sitä voi käyttää sodankäynnissä ilman että sotimisesta tulee mieletöntä tai missä menee yksityisyyden raja jos tekoäly alkaa lukemaan ajatuksia. Näiden ajatusten selvittämisessä menee aikaa, eikä ole varmaa kuinka nopeasti tekoäly tulee kehittymään tulevaisuudessa.

Emme tiedä, tuleeko tekoälystä koskaan täysin tietoista tai tuleeko se korvaamaan ihmisiä työpaikoilla, mutta on varmaa, että ihmiskunta tulee sopeutumaan muutokseen.

Lähteet

- Breyer, Patrick. *Chat Control: The EU's CSAM scanner proposal*. 2025.
<https://www.patrick-breyer.de/en/posts/messaging-and-chat-control/>
(haettu 17.. kesäkuu 2025).
- Buchanan, Bruce. "A (Very) Brief History of Artificial Intelligence." *AI Magazine*, 2005: 53 - 60.
- Campbell, Murray. "Knowledge Discovery in Deep Blue." *Communications of the ACM, Volume 42, Issue 11*, 1.. marraskuu 1999: 65 - 67.
- Carlini, Nicholas. *My Thoughts on the Future of "AI"*. 13.. maaliskuu 2025.
<https://nicholas.carlini.com/writing/2025/thoughts-on-future-ai.html>
(haettu 18.. kesäkuu 2025).
- Council of Europe. *The Framework Convention on Artificial Intelligence*. 2025.
<https://www.coe.int/en/web/artificial-intelligence/the-framework-convention-on-artificial-intelligence> (haettu 17.. kesäkuu 2025).
- cyberneticzoo.com. "*Manny*", *Robot Mannequin*. 5.. syyskuu 2011.
<https://cyberneticzoo.com/robots/1988-manny-robot-mannequin-american/> (haettu 9.. kesäkuu 2025).
- Cycorp. *Cyc*. 2025. <https://cyc.com/> (haettu 12.. kesäkuu 2025).
- Educalc*. 2022. <https://www.educalc.net/page/197481/> (haettu 31.. toukokuu 2025).
- Geoffrey Hinton, Nitish Srivastava, Alex Krizhevsky, Ilya Sutskever, Ruslan Salakhudinov. "Improving neural networks by preventing co-adaptation of feature detectors." Tutkimusraportti, 2012.
- History of Data Science. *Dartmouth Summer Research Project: The birth of Artificial Intelligence*. 9.. syyskuu 2021.
<https://www.historyofdatascience.com/dartmouth-summer-research-project-the-birth-of-artificial-intelligence> (haettu 7.. kesäkuu 2025).

Human Rights Watch. *Killer Robots: UN Vote Should Spur Action on Treaty*. 3. tammikuu 2024. <https://www.hrw.org/news/2024/01/03/killer-robots-un-vote-should-spur-action-treaty> (haettu 18. toukokuu 2025).

Iltalehti. *Teslan automaattiohjauksesta paljastui puute – ”Ei erota kanaa muovipussista”*. 13.. kesäkuu 2025. <https://www.iltalehti.fi/sahkoautot/a/27ae6f1f-2c1f-4bea-bea3-2d9ec7a693dd> (haettu 17.. kesäkuu 2025).

Lighthill, James. *Artificial Intelligence: A General Survey*. Tutkimusraportti, Cambridge: Cambridge University, 1972.

Lindsay, Robert, Bruce Buchanan, Edward Feigenbaum, ja Joshua Lederberg. ”DENDRAL: a case study of the first expert system for scientific hypothesis formation.” Teoksessa *Artificial Intelligence 61*, 209 - 261. Elsevier, 1993.

Linnainmaa, Seppo. ”Algoritmin kumulatiivinen pyöristysvirhe yksittäisten pyöristysvirheiden Taylor-kehitemänä.” Pro gradu -tutkielma, Espoo, 1970.

Minsky, Marvin. ”Steps toward Artificial Intelligence.” *Proceedings of the IRE*, 1962: 8 - 30.

MIT Technology Review. *Climate Change and Energy*. 20.. maaliskuu 2025. <https://www.technologyreview.com/2025/05/20/1116327/ai-energy-usage-climate-footprint-big-tech/>.

NetGuardians. *The Dark Side of ChatGPT: How Criminals are Using Large Language Models*. 21.. helmikuu 2024. <https://blog.netguardians.ch/the-dark-side-of-chatgpt-how-criminals-are-using-large-language-models> (haettu 17.. kesäkuu 2025).

Newell, Allen. ”Guide to the General Problem-Solver Program GPS-2-2.” helmikuu 1963.

Russell, Stuart, ja Peter Norvig. *Artificial intelligence: a modern approach, fourth edition*. Pearson, 2022.

Team, Stanford Racing. *Stanford Racing*. 2005.

<https://cs.stanford.edu/group/roadrunner//old/index.html> (haettu 15.. kesäkuu 2025).

The Editors of Encyclopedia Britannica. *Ramon Llull*. 22.. maaliskuuta 2024.

<https://www.britannica.com/biography/Ramon-Llull> (haettu 31.. toukokuuta 2025).

The Turk - Wikipedia. 11.. toukokuu 2025.

https://en.wikipedia.org/wiki/Mechanical_Turk (haettu 31.. toukokuu 2025).

Turing, Alan. "Computing Machinery and Intelligence." *Mind*, 1950: 433-460.

Waseda University Humanoid Robotics Institute. *Development of Waseda Robot*. Waseda, 1985.

Wikipedia. 2025. <https://fi.wikipedia.org/wiki/Teko%C3%A4ly> (haettu 25.. toukokuuta 2025).

Yarowsky, David. "Unsupervised Word Sense Disambiguation Rivaling Supervised Methods." *33rd Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics*. Cambridge, Massachusetts: Association for Computational Linguistics, 1995. 189-196.

Yle. *Sähköä ei riitä uusille datakeskuksille – Fingrid rajoittaa suurten sähkönkuluttajien liittämistä verkkoon*. 2.. maaliskuuta 2025.

<https://yle.fi/a/74-20145574> (haettu 17.. kesäkuu 2025).