

Tekoälyn käyttö astronomiassa

Roni Vilenius

Haaga-Helia ammattikorkeakoulu

Amk-opinnäytetyö

2021

Tietojenkäsittelyn tutkinto

Tiivistelmä

Tekijä(t)

Roni Vilenius

Tutkinto

Tietojenkäsittelyn koulutusohjelma

Raportin/Opinnäytetyön nimi

Tekoälyn käyttö astronomiassa

Sivu- ja liitesivumäärä

28

Tekoälyn käyttö astronomiassa kasvaa vuosi vuodelta. Erilaista dataa kertyy päivä päivältä enemmän ja enemmän. Datan hyödyntämiseksi, tutkijat ovat valjastaneet modernin ajan kehittyneimmän asian, tekoälyn. Maailmankaikkeuden tutkimisesta saatua dataa tutkitaan entistä tarkemmilla, nopeammilla sekä monimutkaisimmilla tekoälyalgoritmeilla.

Tässä opinnäytetyössä perehdyttiin tekoölyyn, tähtitieteeseen sekä näiden kahden yhtäläisyyksiin. Tavoitteena oli selvittää, miten tekoölyä on käytetty ja käytetään modernin ajan tähtitieteessä. Tutkimuksesta rajattiin pois tekoälyn esimerkkikäyttötarkoitukset, jotka eivät koskeneet tähtitiedettä. Tutkimus toteutettiin käyttämällä lähteitä, jotka eivät menneet syvälle esimerkiksi fysiikan saloihin.

Teoriaosuudessa käsiteltiin tekoälyn sekä sen osa- alueiden toimintaa. Osuus jaoteltiin jokaisen osa- alueen omiin alalukuihin. Tekoölyä käsittelevässä luvussa tekoälystä avattiin yleisiä termejä, sekä sen käyttötarkoituksia. Lyhykäisyydessään tekoöly on ihmisälyn sekä käyttäytymisen simulointia tietokoneohjelman avulla. Tähtitieteen osalta tutkimuksessa kerrottiin sen yleisistä termeistä sekä historiasta. Tutkimuksessa avattiin historiaa alkaen 1500- luvulta, päättyen modernin ajan avaruuskilpailuun kylmän sodan loppuun asti.

Tutkimuksessa käsiteltiin tekoälyn käyttöä tähtitieteessä esimerkkitapausten avulla. Luvussa kolme tutustuttiin Nasan tekoälyn käyttöön, sekä maailman yli- opistojen valmistamiin tekoäly algoritmeihin, joita käytetään tähtitieteessä.

Tutkimus toteutettiin kvalitatiivisena tutkimuksena. Lähteistä varmistettiin niiden luotettavuus tekijän taustatietojen tutkimisella sekä heidän ammattitaitonsa varmistamisella.

Tutkimuksen tuloksena tekoälyn käyttö tähtitieteessä on kasvamassa. Yhä useampi yritys, avaruushallinto tai hallitus haluaa valjastaa tekoälyn tuomat hyödyt itselleen maailmankaikkeuden tutkimisessa.

Asiasanat

Tekoäly, tähtitiede, astronomia, koneoppiminen, syväoppiminen, neuroverkot

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Tekoäly	2
2.1	Koneoppiminen	4
2.2	Syväoppiminen	8
2.3	Neuroverkot	10
3	Tekoälyn käyttö astronomiassa	12
3.1	Tavoite, ongelmat sekä kehittämistehtävät.....	13
3.2	Menetelmävalintoja	13
3.3	Tähtitieteen historia.....	14
	Modernin ajan tähtitiede.....	16
3.4	Esimerkkitapauksia tekoälyn soveltamisesta tähtitieteessä.....	18
3.4.1	NASA hakee vihjeitä Piilaaksosta tekoälykehityksen avuksi.....	18
3.4.2	Tekoäly tutkijoiden apuna.....	19
3.4.3	Tekoäly tunnistaa 80 000 spiraaligalaksia	20
3.4.4	Morpheus.....	21
4	Pohdinta.....	23
4.1	Tulosten tarkastelu.....	23
4.2	Tutkimuksen luotettavuus sekä mahdolliset eettiset näkökohdat.....	24
4.3	Johtopäätökset.....	24
4.4	Kehittämisen- ja jatkotutkimus.....	25

1 Johdanto

Tekoälyn käyttö tähtitieteen saralla ulottaa juurensa 1980- luvulle. Siitä lähtien moderneja tekoälyalgoritmeja sekä supertietokoneita on valjastettu maailmankaikkeuden tutkimiseen. Tässä opinnäytetyössä perehdytään sekä tekoälyn, että tähtitieteen saloihin.

Ajatus opinnäytetyöhön pohjautuu jo pitkään kestäneeseen henkilökohtaiseen mielenkiintoon tähtitieteen saralla, joten ajatus tähtitieteen sekä ohjelmistotuotannon yhdistämisestä tuntui siis itsestäänselvyydeltä. Opinnäytetyön tarkoituksena on tuoda lukijalle selvä kuva sekä tekoälystä, että tähtitieteestä. Olen jakanut kyseiset aiheet erillisiin lukuihinsa ja lopuksi yhdistän kyseiset aiheet kertomalla esimerkkikäyttötarkoituksia tekoälyn käytöstä tähtitieteessä.

Aikaisempia tutkimuksia aiheesta oli yllättävän vaikeaa löytää. Tekoälyn käytöstä tähtitieteessä ei itsessään ole tehty useampia artikkeleita tai tutkimuksia, vaan aihetta käsittelevät tutkimukset ovat ottaneet aiheen käsittelyyn vain noin yhden tai kahden luvun verran. Yksi hyvä aiempi tutkimus itse tekoälyn käytöstä tähtitieteessä on Deviney, Prša, Guinan sekä DeGeorgen tutkimus *Artificial Intelligence in Astronomy*. Kyseinen tutkimus on vuodelta 2010 ja se käsittelee esimerkkien avulla tekoälyn käyttötarkoituksia tähtitieteessä. Kyseinen tutkimus on kirjoitettu tieteellisen näkökulman kautta, joten se pitää sisällään paljon kaavioita ynnä muuta.

Opinnäytetyön sisällön olen rajannut tähtitieteeseen ja tekoälyyn sekä tekoälyn osa- alueisiin. Käsittelem kutakin aihetta omissa luvuissaan ja mahdollisimman lukijaystävällisesti. Tavoitteenani on herättää lukijassa mielenkiinto kyseiseen aiheeseen näiden lukujen avulla ja tutkimuksen lopuksi tuoda esille esimerkkitapauksia tekoälyn sekä sen osa- alueiden käytöstä tähtitieteessä. Opinnäytetyön tavoitteet, rajaukset sekä ongelmakohdat on kerrottu luvussa 3.1.

2 Tekoäly

” Artificial intelligence would be the ultimate version of Google. The ultimate search engine that would understand everything on the web” – Larry Page, co-founder of Google Inc.

Seuraava luku käsittelee tekoälyä, selvittäen mitä käsite pitää sisällään ja miten sitä sovelletaan erilaisiin käyttötarkoituksiin. Luvun on tarkoitus luoda lukijalle selvä kuva tekoälystä, sen osa- alueista sekä sen käyttötarkoituksista.

Tekoäly on yksinkertaisuudessaan ihmisälyn simulointia, jonka suorittavat joko yksittäinen tietokone, tai tietokoneohjelma. Tekoäly suorittaa useimmiten tehtäviä, mitkä ihmiset ovat määritelleet kiinnostaviksi, hyödyllisiksi sekä vaikeiksi suorittaa. (Overton 2018, luku 1) Esimerkkejä tekoälyn käytöistä löytyy muun muassa puheen sekä kuvantunnistuksesta. Tekoäly itsessään vaatii vankan pohjan sekä tietokoneen fyysiseltä, että ohjelmapuolelta luodakseen sekä oppiakseen koneoppimisalgoritmeja. (Burns, 2021)

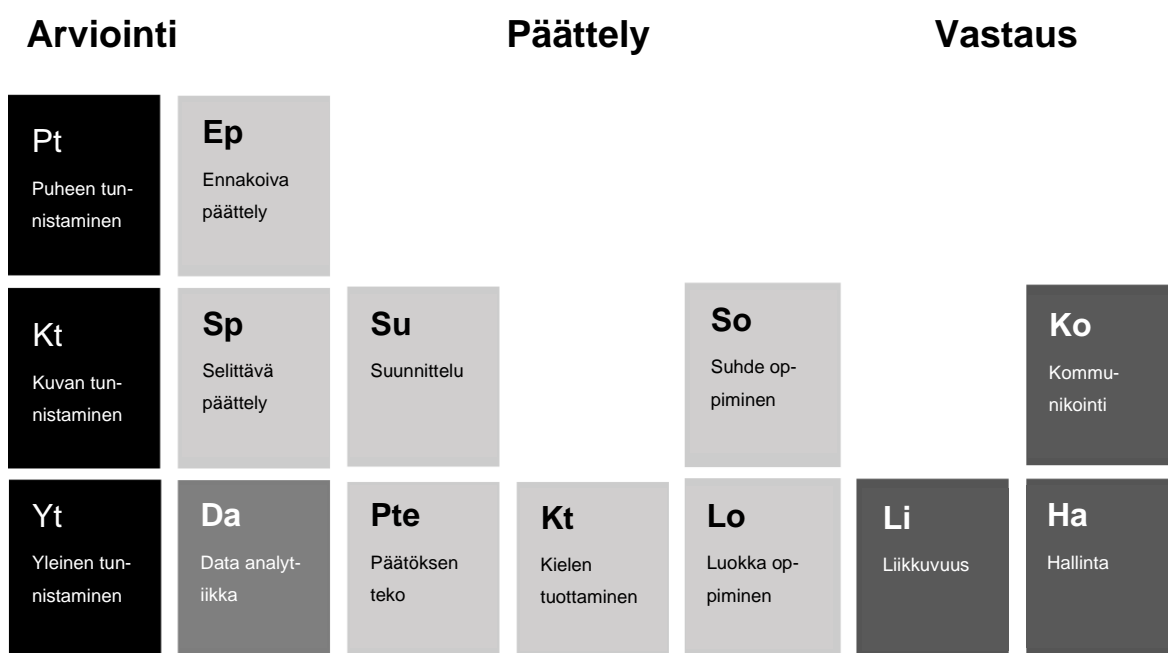
Tekoälyn nykyaikainen muoto toimii käyttämällä tietokonemalleja älykkään käyttäytymisen simuloimiseksi. Tekoäly voi esimerkiksi edistää talouskasvua automatisoimalla työvoimaa, parantamalla tehokkuutta sekä muotoutumalla tuote- tai palvelu innovaatioiden lähteeksi. (Overton 2018, luku 1)

Terminä ‘tekoäly’ yhdistää kaikki tekniikat, jotka sallivat tietokoneet imitoimaan ja jäljittelemään ihmisälyä. Esimerkkinä tästä toimivat tietokoneet, jotka analysoivat dataa tai itses- tään ajavien autojen teknologiat. Suurimmaksi osaksi tekoälyjen takana ovat ihmiset. Ih- miset kouluttavat tekoälyn toimimaan haluamallaan tavalla, useasti kirjoittamalla monimut- kaista ohjelmointikoodia. (ESA, 2021) Mikään ohjelmointikieli tosin ei ole synonyymi teko- älylle. Käytetyimpiä ohjelmointikieliä tekoälyn luomisessa on Python, R sekä Java. (Burns, 2021)

Tekoälyn suurimpia edistysaskeleita on havaittu kahdella laajalla alueella: havainnollista- minen sekä kognitio. Jälkimmäisessä luokassa itse käytännön edistysaskelia on havaittu puheentunnistamiseen liittyen. Puheentunnistus on kaukana täydellisestä, mutta monet miljoonat ihmiset jo sitä käyttävät. Hyviä esimerkkejä puheentunnistus ohjelmista on Ap- plen Siri, Amazonin Alexa, sekä Google assistant. (Harvard Business Review Press 2019, luku 1.1)

Tekoälyn yksi yksinkertaisimmista rakentamisvaihtoehdoista on valita minimi tarvittavat teknologiat. Näillä teknologioilla pyritään kertomaan kohteena olevan tekoälyn nk. ”Datatarina”. Jokaisessa tarinassa tekoälyn on pystyttävä analysoimaan ohjelmaan tuleva syöte, tehtävä päätelmä, sekä tuottaa ratkaisu tai vastaus ongelmaan. Tätä kutsutaan englanniksi termillä ”*Assess-infer-respond taxonomy*”. (Overton 2018, luku 5)

Kuvassa 1 näkyy nk. ”tekoälyn jaksollinen järjestelmä”. Tällä kuvalla pyritään avaamaan termin ”Assess-infer-respond” tarkoitusta- Kyseinen kuva käsittelee mielestäni mainiosti tekoälyn rakentamiseen tarvittavia osa-alueita, sekä myös itse tekoälyn käyttötarkoituksia. (Overton 2018, luku 5)



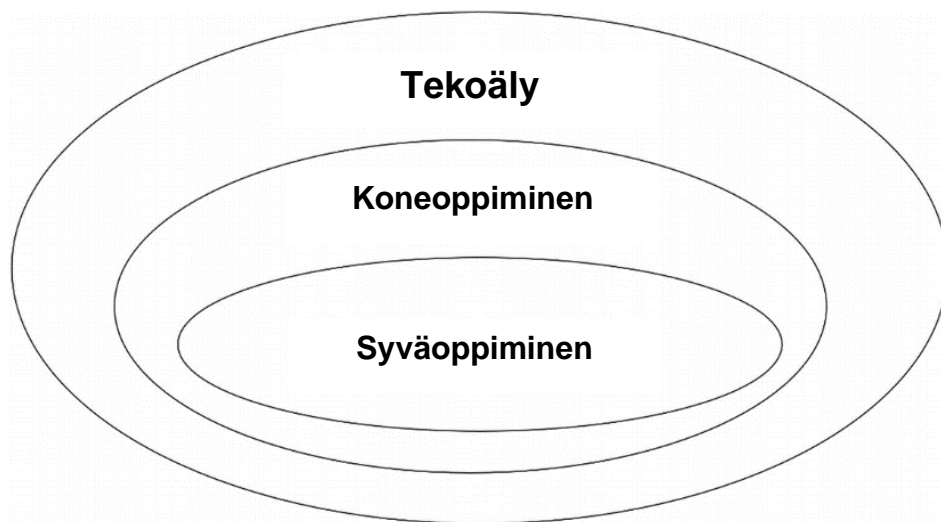
Kuva 1. Tekoälyn jaksollinen järjestelmä

Tekoäly tarvitsee ”*Datasettejä*” toimiakseen sekä oppiakseen. Datasetit ovat esimerkiksi suuria määriä digitaalisessa muodossa olevia kuvia, joita tekoälyohjelma analysoi yhtenäisyksien sekä muotojen löytämiseksi. Näiden avulla ohjelma siten pystyy analysoimaan paremmin seuraavaa kuvaa. Tämä myös toistuu tarvittavan monta kertaa, kunnes ohjelmasta saadaan tulos, joka vastaa ihmisen analysointia. (Burns, 2021)

2.1 Koneoppiminen

” A breakthrough in machine learning would be worth ten Microsofts.” – Bill Gates

Koneoppiminen on tekoälyn osa-alue. Se koostuu suurimmaksi osaksi laajalti käytetyistä algoritmeista sekä muista työkaluista, jotka mahdollistavat tietokoneen oppimisen datasta. Tämän avulla kyseinen tietokone pystyy arvioimaan sekä kategorisoimaan esimerkiksi taitvaankappaleita monta kertaa nopeammin, mitä tavallinen ihminen pystyisi. Koneoppimista käytetään laajalti teknologiayhtiöiden parissa, esimerkiksi kasvojentunnistusohjelmien luomisessa tai arvioimaan mitä elokuvia ihmiset haluavat katsoa. (Shekhtman, 2019).



Kuva 2. Tekoälyn pääkomponentit

Kuvassa 2 on hyvin yksinkertaisesti avattu korkean tason katsaus tekoälyn pääkomponentteihin. Kuva osoittaa hyvin, kuinka tekoälyn pääkomponentit liittyvät toinen toiseensa. Koko alueen kattaa itse tekoäly, joka pitää sisällään kattavan valikoiman teorioita sekä tekniikoita, tämän jälkeen se jaetaan kahteen pääluokkaan: koneoppiminen sekä syväoppiminen. (Taulli 2019, luku 1)

	Tapaus 1	Tapaus 2	Tapaus 3
ML	Kasvojen tunnistaminen	Ennakoi laitevian	Ennakoi tautien todennäköisyyden
AI	Päättelee turhautumisen	Aikatauluttaa huollon	Etsii mahdollisen hoitotoimenpiteen
	Tapaus 4	Tapaus 5	Tapaus 6
ML	Dokumenttien tiivistäminen	Oppii tunnistamaan virheitä	Ennakoi järjestelmän suorituskyvyn
AI	Dokumenttien järjestäminen tärkeyden mukaan	Päättelee piileviä virheitä	Suunnittelee järjestelmän, joka vastaa suorituskyky tavoitteita

Kuva 3. Malli tekoälyn ja koneoppimisen yhteyksistä

Kuva 3 käsittelee mainiosti tekoälyn ja koneoppimisen yhteyksiä. Kuvassa nähdään, miten koneoppiminen huomaa ongelman esimerkiksi tuotantolaitteessa. Tämän jälkeen tekoäly varaa esimerkiksi huoltoajan automaattisesti kyseiselle laitteelle, ilman ihmisen väliintuloa. (Overton 2018, luku 1)

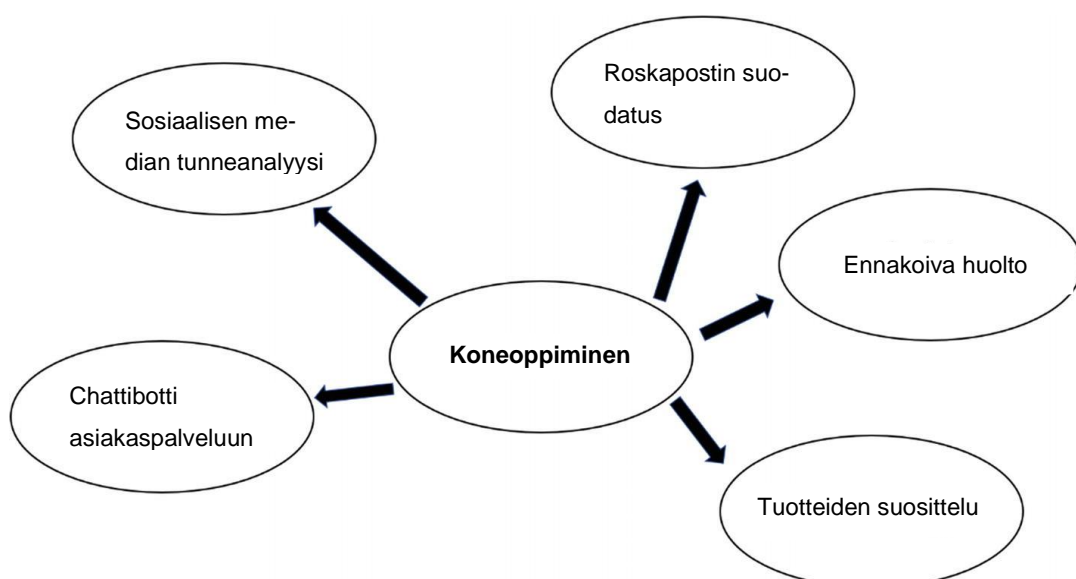
Koneoppimista ymmärrettäessä on tärkeää, että se edustaa täysin erityyppistä lähestymistapaa ohjelmistojen luomiseen. Hyvänä esimerkkinä toimii seuraava: Kone oppii esimerkeistä, eikä se ole nimenomaisesti ohjelmoitu vain yhtä tiettyä lopputulosta varten. Tämä on iso sekä tärkeä ero aikaisempaan käytäntöön. Viimeisen 50 vuoden aikana ohjelmistokehityksen sekä itse tietotekniikan kehitys, on keskittynyt tarkasti jo olemassa olevan tiedon sekä menettelytapojen luokitteluun sekä niiden sisällyttäminen tietotekniikassa käytettäviin laitteisiin. (Harvard Business Review Press 2019, luku 1.1)

Viime vuosina koneoppimiseen liittyvissä algoritmeissa eniten onnistumisia on huomattu yhdessä kategoriassa, valvotuissa oppimisjärjestelmissä. Kyseisissä järjestelmissä koneelle annetaan monta esimerkkiä oikeasta ratkaisusta tiettyyn ongelmaan. Suurimmassa osassa ajasta tähän prosessiin kuuluu kartoittaminen isosta joukosta käyttäjäsyötteitä, X, tulosteeseen, Y. Nämä syötteet voivat esimerkiksi olla kuvia erilaisista eläimistä ja oikeat tulosteet voivat olla esimerkiksi otsikoita kyseisille eläimille. Tätä samaa metodia voidaan käyttää esimerkiksi äänialloille. Syötteet voivat olla ääninauhotteita ja tulosteet siten sanoja kuten: "Kyllä", "Ei", "Hei". (Harvard Business Review Press 2019, luku 1.1)

Koneoppimisen käyttötarkoituksiin kuuluu esimerkiksi ennakoiva huolto. Tällä tarkoitetaan esimerkiksi sensoreiden monitoroimista itse laitteen käyttövian takia. Tämä auttaa vähentämään kustannuksia sekä alentaa aikamäärää, minkä aikana laite on käyttökelvoton. (Taulli 2019, luku 3) Aikaisemmin kerrottu havainnollistaminen sekä kognitio kattavat jo laajan käsitteen koneoppimisen mahdollisuuksista, itse ajavasta autoista myynnin ennustamiseen. (Harvard Business Review Press 2019, luku 1)

Yksi piilevä käyttötarkoitus on asiakaskokemus. Nykyaikana asiakkaat haluavat erittäin personoidun käyttäjäkokemuksen. Koneoppimisen avulla yritys voi päästä kiinni dataan, joka antaa sille ymmärrystä oppiakseen mikä myyntitapa toimii ja mikä ei. Tästä hyvänä esimerkkinä toimii yhdysvaltalainen päivittäistavaroiden vähittäiskauppayritys, Kroger. Kroger piti koneoppimista niin tärkeänä, että se osti datan hallintaan erikoistuneen yrityksen nimeltä 84.51°. Käyttötarkoituksen esimerkkinä toimii hyvin seuraava: Monissa kauppoissaan Krogerilla oli avokadoja massamyynninä ja vain osassa myymälöistä oli avokadoja neljän pakkauksissa. Alkuperäisenä viisautena toimi, että neljän pakkaukset on poistettava myynnistä kokonsa vuoksi. Tosin, kun kyseiseen ongelmaan käytettiin koneoppimista, saatiinkin selville, että aikaisempi ratkaisu oli väärin koska neljän avokadon pakkaukset houkuttelivat paljon uusia asiakkaita, kuten milleniaaleja sekä verkkokauppa asiakkaita. (Taulli 2019, luku 3)

Koneoppimisen jo huomattavan pitkä olemassaolo on tuonut sille myös useita käyttötarkoituksia. Esimerkiksi yritykset ovat saaneet hyviä esimerkkejä koneoppimisen tarjoamista hyödyistä. Kuvassa 4 esitellään yksinkertaisesti niistä monia. (Taulli 2019, luku 3)



Kuva 4. Koneoppimisen käyttötarkoituksia. (Taulli 2019, luku 3)

Taullin (2019, luku 3) mukaan koneoppimismallin käyttämisessä ongelmaan on viisi vaihetta.

Vaihe #1- Datan järjestys

- Tietojen lajittelu. Onko tiedot jo valmiiksi järjestetyt. Tämä voi hyvinkin vääristää mallin tuottamia tuloksia, tämän takia on hyvä satunnaistaa käytettävän datan järjestys.

Vaihe #2- Mallin valitseminen

- Seuraavaksi on valittava käytettävä koneoppimisalgoritmi. Tämä on suoraan sanottuna arvaus, johon sisältyy paljon yritystä ja erehdystä.

Vaihe #3- Mallin kouluttaminen

- Mallin kouluttamiseen käytettävä data koostuu noin 70% kyseisestä datasetistä ja sitä käytetään algoritmin suhteiden luomiseen (ks. kuva 4). Esimerkkinä voi käyttää lineaarista regressioalgoritmia jolla on seuraavanlainen formaatti:

- o $y = m * x + b$

Koulutusvaiheessa järjestelmä saa koneoppimismallin avulla arvot muuttujille m sekä b .

Vaihe #4- Mallin arviointi

- Neljännessä vaiheessa kootaan yhteen testauksessa käytettävä data. Tämä data koostuu jäljellä olevasta 30% datasetistä. Sen tulisi edustaa koulutuksessa käytetystä datassa esiintyviä alueita sekä tietoja. Testidatan avulla saadaan selville, onko ongelmassa käytettävä algoritmi tarpeeksi tarkka.

Vaihe #5- Mallin hienosäätö

- Tässä vaiheessa voidaan hienosäätää mallissa käytettäviä parametreja. Tämän avulla voidaan myös havaita, jos mallista saadaan tarkempia tuloksia.

2.2 Syväoppiminen

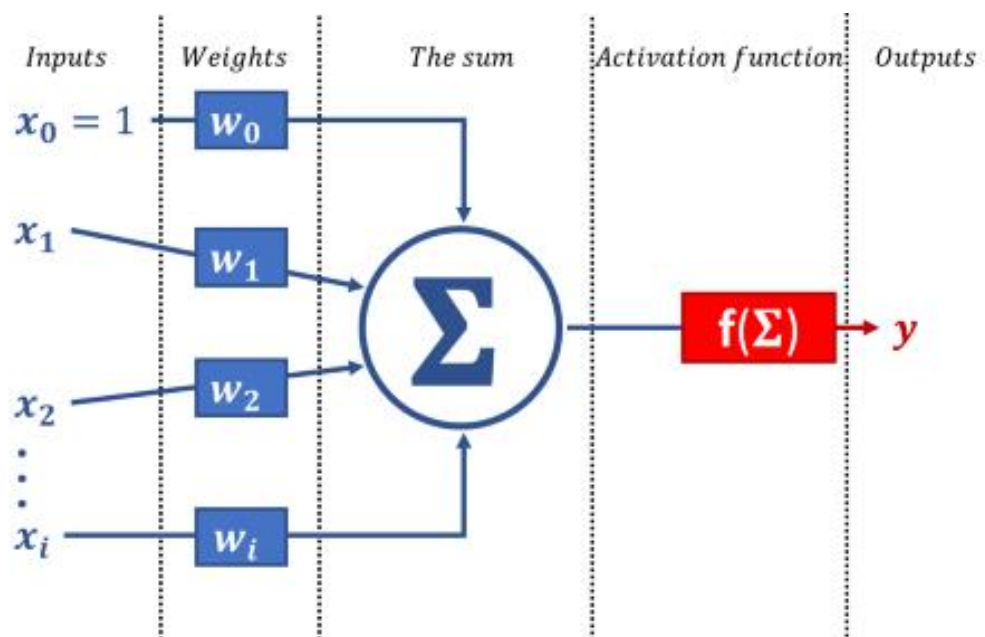
” World’s first trillionaire’s are going to come from somebody who masters AI and all its derivatives, and applies it in ways we never thought of” – Mark Cuban

Syväoppimisessa käytetään algoritmeja, jotka perustuvat tiedonlaskennassa käytettävien elementtien yhdistämiseen. Yksi olennaisimmista syväoppimisessa käytettävistä yksiköistä on keinotekoinen neuroni (*eng. Artificial neuron*), jokseenkin kyseiseen termiin referoidaan yleensä käyttäen termiä neuroni. Keinotekoinen neuroni on saanut inspiraationsa ihmisaivoissa esiintyvistä neuroneista. (Glassner 2021, luku 3)

Keinotekoinen neuroni muistuttaa ihmisaivojen neuroneita muutamalla osa- alueella:

- Itse neuroneiden lukumäärä
- Topologia, keinotekoisissa neuroverkoissa kerrokset lasketaan tietyssä järjestyksessä. Kun taas biologiset neuronit voivat käyttäytyä asynkronisesti.
- Tiedonsiirron nopeus
- Oppimiskäyrä

(Szablowski, 2020)



Kuva 5. McCulloch- Pitts neuronin malli.

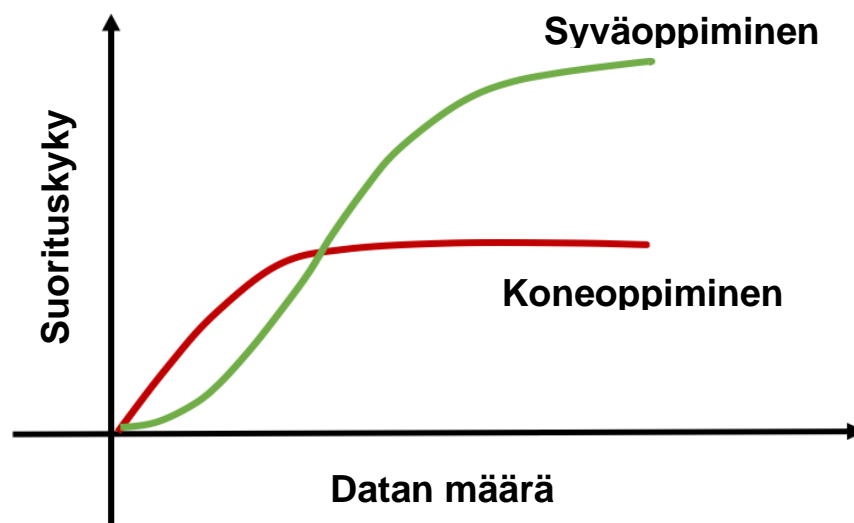
Kuvassa 5 on kuvattu McCulloch- Pitts neuronin malli. Keinotekoinen neuroni mallinnetaan matemaattisen funktion avulla. (Szablowski 2020)

Keinotekoisien ja biologisen neuronin samankaltaisuutta löytyy vain yleisessä mielessä. Suurin piirtein kaikki sen yksityiskohdat menetetään kehityksen myötä, mutta siitä myös jää piirteitä, jotka muistuttavat alkuperäisestä. Tämä on tosin luonut hämmennystä, eritoten median osalta. Media käyttää usein termiä ”Elektroniset aivot” (*eng. Electronic Brain*), josta on vain pieni askel kirjoittaa tekoälyn vallankumouksesta ja maailmanvalloituksesta. Tosiasiassa, ammattilaiset suosivat neuroneista termiä ”Yksikkö” (*eng. Unit*), suurimmaksi osaksi keinotekoisien neuronien yksinkertaistamisen takia. (Glassner 2021, luku 3)

Syväoppimis- algoritmien hyötyjä on monia. Hyödyllisimpiin lukeutuu mm.

- Itse algoritmin jatkuva kehitys syötettävän datan avulla.
- Algoritmi yrittää tutkia kaikkea mahdollista suurestakin datasetistä.
- Ensimmäiseen kohtaan liittyen, syväoppimis- algoritmin oppimismahdollisuudet ovat suhteutettavissa syötetyn datan määrään. Tästä johtuen algoritmin suorituskyky nousee sitä mukaa, miten paljon dataa algoritmiin syötetään.

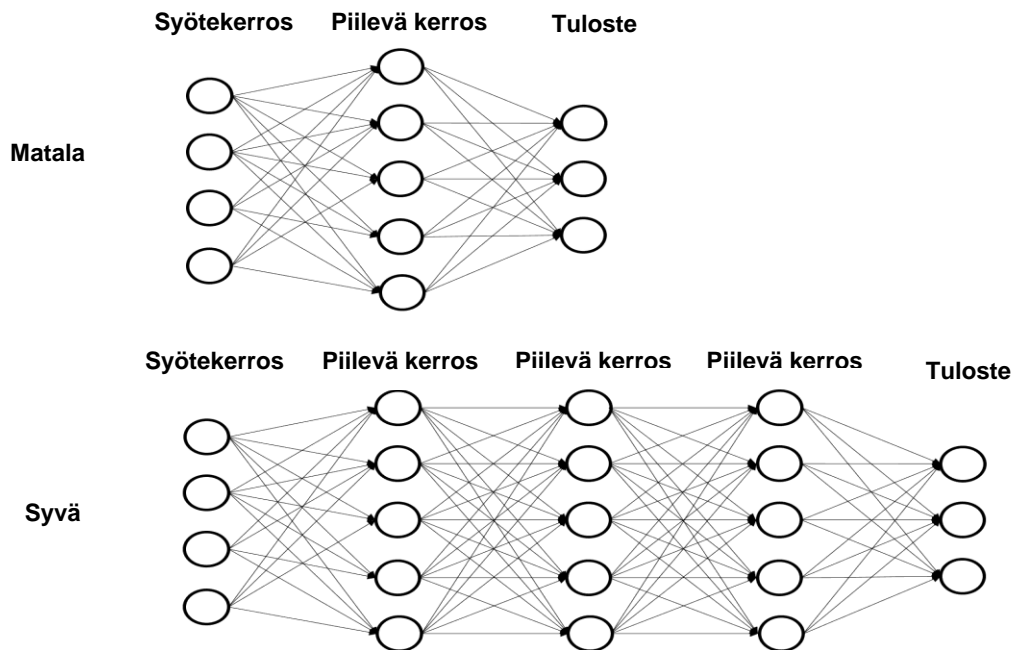
(Di, Bhardwaj & Wei 2018, luku 2)



Kuva 6. Algoritmin skaalautuvuus datan määrään suhteutettuna.

Kuvassa 6 avataan visuaalisesti ylemmän luettelon viimeistä väittämää. Kuvassa on käytetty syväoppimis- algoritmin vertailuna perinteistä koneoppimis- algoritmin oppimiskäyrää. Kuvassa nähdään erittäin selvästi syväoppimis- algoritmien suorituskykymahdollisuudet suhteutettuna syötetyn datan määrään. (Di, Bhardwaj & Wei 2018, luku 2)

Kuvassa 7 demonstroidaan eri koneoppimis- arkkitehtuurien rakennetta erittäin yksinkertaisella ja selkeästi ymmärrettävällä tavalla. Kuvasta voi selvästi nähdä, miten syväoppimisen arkkitehtuuri pitää sisällään paljon enemmän kerroksia, kuin matala arkkitehtuuri. (Di, Bhardwaj & Wei 2018, luku 2).

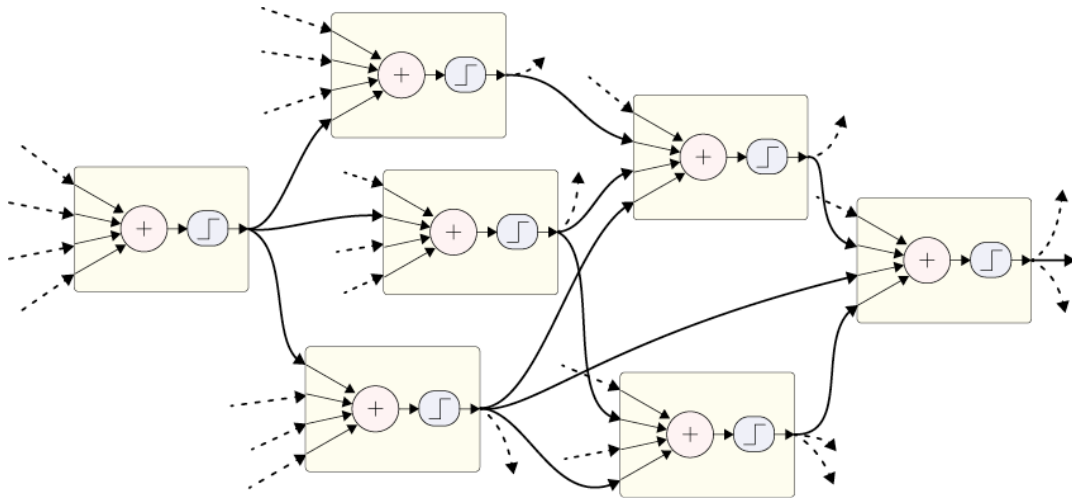


Kuva 7. Koneoppimis- arkkitehtuurien rakenne.

2.3 Neuroverkot

” Emotions are enmeshed in the neural networks of reason. “– Antonio Damasio

Neuroverkot ovat yksinkertaisuudessaan rakennettu keinoitekoisista neuroneista (ks. Osa 2.2). Konvoluutioneuroverkko (eng. *Convolutional neural network*) on monikerroksinen ja yksi monista neuroverkkotyypeistä. Se on suunniteltu tunnistamaan tiettyjä muotoja sekä kuvioita suoraan kuvadatasta, sekä se on myös suunniteltu toimimaan minimaalisella prosessoinnilla. (Mohit, Rezaul, Pradeep, Karim & Pujari 2018, luku 1)



Kuva 8. Neuroverkko

Kuvassa 8 on kuvattu nk. Neuroverkko. Se koostuu keinotekoisista neuroneista, jotka ovat linkitetty yhteen. Kuvan jokainen neuroni saa syötteenä tietyn muuttujan toiselta neuronilta. (Glassner 2021, luku 3)

Kuva 8 ei tosin pidä sisällään ilmeistä rakennetta. Syväoppimisen yksi avaintekijöistä on neuronien järjestäminen kerroksittain. Yleisesti aikaisemman lauseen perussääntönä on toiminut, että jokainen kerros saa syötteen edellisen kerroksen tuloksesta. (Glassner 2021, luku 3)

Tämä järjestelmä sallii käyttäjän prosessoida dataa vaiheittain, jossa jokainen keinotekoinen neuroni rakentaa datajärjestelmää eteenpäin siitä, mihin edellinen neuroni jäi. Syväoppimis algoritmit ovat todistaneet suoriutuvansa paremmin ympäristössä, jossa niiden täytyy louhia (*eng. Extracting*) globaaleja suhteita ja kuvioita dataseteistä. (Di, Bhardwaj & Wej 2018, luku 2)

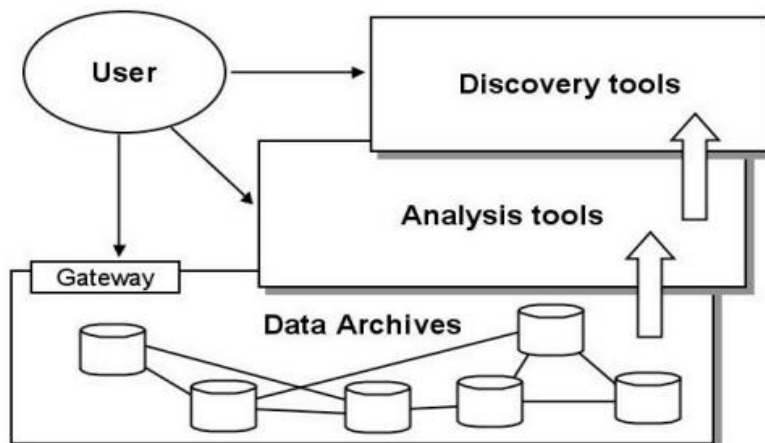
3 Tekoälyn käyttö astronomiassa

Seuraava luku käsittelee tekoälyä sekä sen muiden osa-alueiden käyttöä nykyaikaisessa, sekä historiallisessa tähtitieteessä.

Tähtitiede itsessään on täynnä dataa. Tätä dataa on kerätty monta vuosisataa ja kerätään edelleen. Keräystapoihin kuuluu mm. teleskooppeja, fotonihiukkasten sekä partikkelien tunnistimia. Suurin osa tästä datasta saadaan elektromagneettisena säteilynä, jota on ihmisen mahdoton muodostaa luettavaksi dataksi. Tässä kohtaa tekoälyn käyttö tulee esiin. Tekoälyä käytetään ns. ”kääntämään” saatu data sellaiseen muotoon, että sitä voidaan lukea. Tekoälyn tehtäviä ovat esimerkiksi matemaattisten yhtälöiden laskeminen ja tulosten muodostaminen luettavaksi dataksi, jotta se tukisi havaitun datan analyysia.

Tekoälyn sekä koneoppimisen integrointi astronomiaan on liitetty useaan otteeseen tietokoneiden komponenttien kehityksen tasoon. 1980–1990 luvulla näytönohjainten (*eng. Graphics processing unit*) kehitys vaikutti tähän paljon. Näytönohjaimet ovat edullinen ja tehokas tapa lisätä laskentatehoa, ja sitä myötä tehostaa tekoälyn oppimista sekä suorituskykyä. (Fluke & Jacobs, 2019)

Tähtitieteessä termi VO, eli virtuaalinen observaatio (*eng. Virtual Observatory*) on tutkijoiden vastaus ongelmiin, jotka nousevat esiin isojen ja kalliiden datasettien kanssa. (*Datasetit, ks. Luku 2*). Virtuaalinen observatorio on konsepti, jolla tutkijat yrittävät vastata aikaisemmin mainittuun ongelmaan. VO on lyhykäisyydessään avoin, verkkoeläimeen perustuva sekä jaettu tutkimusympäristö tähtitieteilijöille. (Djorgovski 2005, sivu 2).



Kuva 11. Virtuaalisen observatorion arkkitehtuuri.

Kuvassa 11 havainnollistetaan konseptimuotoinen virtuaalisen observatorion arkkitehtuuri. Käyttäjän olisi tarkoitus pystyä löytämään hänen käytettävissään olevat tiedot. Nämä tiedot sijaitsevat yleisesti hajautetuissa data- arkistoissa. Käyttäjän pitää pystyä yhdistämään haettu data ja ohjaa saatu tulos tietojen analysointi- ja etsintätyökalujen joukkoon. (Djorgovski 2005, sivu 2)

3.1 Tavoite, ongelmat sekä kehittämistehtävät

Opinnäytetyön tavoitteena on saada tekoälystä tai tähtitieteestä kiinnostunut henkilö ymmärtämään tekoälyn, sekä sen osa- alueiden tärkeyden tähtitieteen kehityksessä sekä tulevaisuudessa. Opinnäytetyö on kirjoitettu mahdollisimman selkeästi, sekä kaikki mahdolliset yksityiskohdat on pyritty kertomaan mahdollisimman laajasti.

Opinnäytetyö voisi mielestäni toimia apuvälineenä esimerkiksi tekoälystä kiinnostuneelle. Opinnäytetyön luku 2 käsittelee laajasti tekoälyn teoriaa sekä sen osa- alueita.

Tutkimuskysymyksiä:

- Miten tekoälyä voi hyödyntää rakentavasti tähtitieteessä?
- Kuinka paljon tekoäly ja sen osa- alueet ovat jo vaikuttaneet tähtitieteeseen?
- Mitkä ovat suurimmat tekoälyn käyttötarkoitukset tähtitieteessä?

3.2 Menetelmävalintoja

Opinnäytetyö on toteutettu tutkimalla eri tietokanta- alustoja verkossa. Tietokantoja, joita olen käyttänyt ovat HHFinna, Google Scholar, Keravan kaupunginkirjasto sekä Web of Science. Opinnäytetyö on toteutettu tutkimalla sekä lukemalla aiheesta löytyviä artikkeleita, tutkimuksia sekä kirjoja.

Aloitin tutkimuksen etsimällä verkosta aiheeseen liittyviä dokumentteja. Löydetyistä dokumenteista luin abstraktit, jonka jälkeen kirjoitin ylös relevantit avainsanat. Tämän jälkeen, lähdin etsimään dokumenteista osia kyseisiä avainsanoja käyttäen. Tiedonetsimisen jälkeen, ryhdyin kirjoittamaan uutisartikkeleista noin neljän sivun mittaista tiivistelmää, jonka jaoin kahteen eri lukuun. Uutisartikkeleiden kirjoittamisen jälkeen, ryhdyin kirjoittamaan teoriaosuutta, joka käsittelee tekoälyä sekä sen osa- alueita. Teoriaosuuden kirjoittamisen jälkeen kirjoitin tähtitieteen historiasta sekä oleellisista teknologioista, jotka koskevat sekä tähtitiedettä, että tekoälyä. Päädyin tutkimustyyppiseen opinnäytetyöhön, koska olen jo valmiiksi aiemmin ollut erittäin kiinnostunut sekä tekoälystä, että tähtitieteestä.

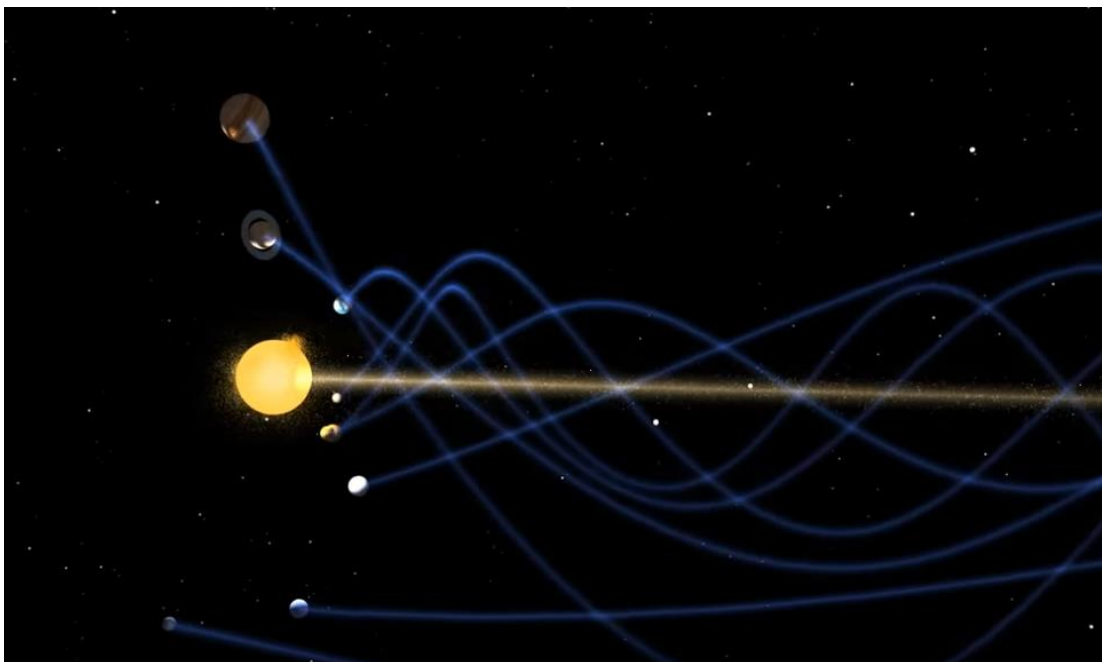
Opinnäytetyön aihetta etsiessäni, päädyin miettimään miten voisin nämä kaksi aihetta yhdistää. Lyhyen tutkimuksen jälkeen huomasin, että kyseisestä aiheesta on jo tutkimuksia sekä aihe itsessään voisi olla erittäin mielenkiintoinen kirjoittaa.

3.3 Tähtitieteen historia

”I don’t think the human race will survive the next 1 000 years, unless we spread into space... But I’m an optimist. We will reach out to the stars.” – Stephen Hawking

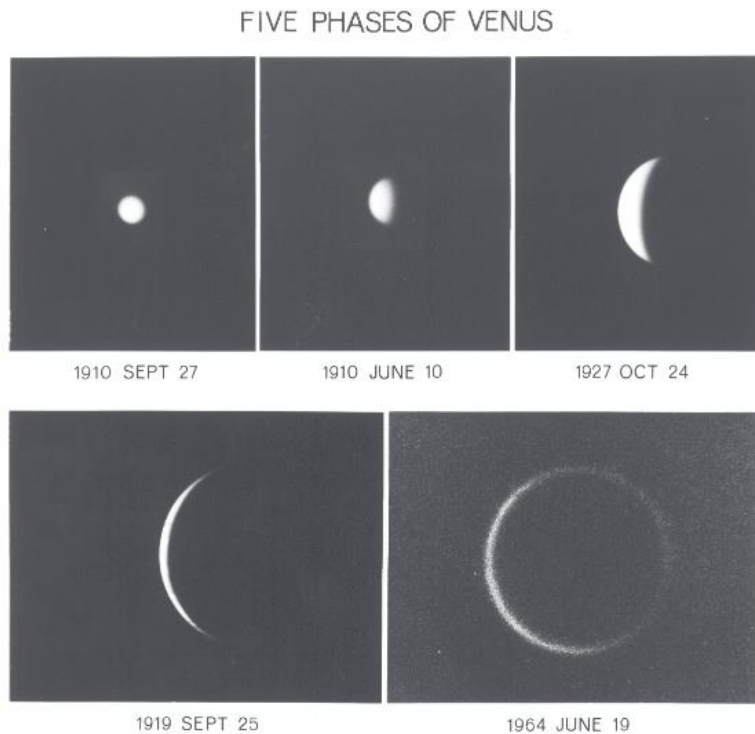
Tähtitieteen historia ulottuu pitkälle. Noin 400 vuotta sitten Galileo Galilei löysi kaukoputkensa avulla Jupiterin neljä kuuta. (Lang 2018, luku 1). Galileon yksiin tärkeimpiin löydöksiin kuuluu myös planeettojen liikkuminen auringon ympärillä. Galileo sekä Johannes Kepler ymmärsivät, että planeettojen kiertoradat eivät liiku auringon ympärillä täydellisessä ympyrässä. (Lang 2018, luku 1)

Kuvassa 9 havainnollistetaan aikaisempaa Galileo Galilein sekä Johannes Keplerin teoriaa, planeettojen kiertorataa sekä aurinkokuntamme liikkumiseen ulkoavaruudessa. (Siegel 2018)



Kuva 9. Aurinkokuntamme liikkumisen havainnollistaminen.

1600-luvulla syntynyt Isaac Newton kuuluu yksiin tunnetuimpiin sekä parhaimpiin tähtitieteilijöihin. Newton muun muassa rakensi ensimmäisen heijastavan teleskoopin (*eng. Reflecting telescope*), jonka avulla hän tarkasteli jo Galileo Galilein löytämiä Jupiterin kuita, sekä Venuksen vaiheita (*ks. Kuva 10*) (Lang 2018, luku 2). Kyseistä teknologiaa käytetään yhä nykyaikaisissa maapallon kiertorataa kiertävissä teleskoopeissa.



Kuva 10. Venuksen vaiheet.

Kuvassa 10 on kuvastettu luvussa 3.1 kerrotut Venuksen vaiheet. Kuun tavoin, Venus käy läpi vaiheita, joissa se himmenee auringon varjoon. Galileon sekä Keplerin planeettojen kiertoratateorian tukemana, Venus kiertää aurinkoa nk. ”soikealla” kiertoradalla. Tämä mahdollistaa Venuksen lähestymisen omaa planeettaamme, n. 46.1 miljoonan kilometrin päähän. Tästä johtuen, Maaliskuun 25 päivä Venus näkyy planeetallamme aamutähtenä. (NASA, 2017)

Aikaisemmassa vaiheessa kuvailtu Isaac Newtonin kehittämä heijastava teleskooppi on käytössä tälläkin hetkellä Hubble- avaruustelekoopissa. Hubble on nimetty tunnetun tähtitieteilijän, Edwin Hubblen mukaan. Kyseinen teleskooppi laukaistiin planeettamme kiertoradalle, 600 kilometrin korkeuteen vuonna 1990, avaruussukkula Discoveryn mukana. (Holt 2011, luku 12).

Modernin ajan tähtitiede

Monelle jo sana tähtitiede saattaa tarkoittaa kuulentoja sekä itse avaruutta. Seuraavassa luvussa käsittelen modernin ajan avaruuden valloittamista, sekä miten se on vaikuttanut jokapäiväiseen elämäämme.

Nykyhistorian aikainen avaruuden valloittaminen on saanut alkunsa jo 1930- luvulla. Silloisen Natsi- Saksan raketti- insinöörit kehittivät *V-2 raketin*, jota käytettiin Isoa- Britanniaa vastaan keskipitkän kantaman ohjusaseena (Karttunen 2009, luku 4).

Ohjusaseen kehittäjänä toimi Wernher von Braun. Braun loikkasi Yhdysvaltoihin noin vuonna 1943, jonka jälkeen hän jatkoi raketien kehittämistä *V-2 raketin* pohjalta. (Karttunen 2009, luku 3).

1960- luvulla tapahtunut avaruuskilpa Yhdysvaltojen sekä silloisen Neuvostoliiton välillä antoi lisävauhtia nykyaikaisen tähtitieteen kehitykselle. Neuvostoliitto oli ensimmäinen valtio, joka sai laukaistua ensimmäisen ihmisen rakentaman kappaleen, *Sputnik 1* maapallon kiertoradalle 04.10.1957. Kuvassa 11 esitelty *Sputnik 1* kiersi maapallon kiertorataa odotettua alempana, polttoainepumpun häiriön johdosta. Se lähetti radiosignaaleja taajuuksilla 20 005 sekä 40 002 megahertsiä (Karttunen 2009, luku 5). Yhdysvaltojen ensimmäinen ihmisen rakentaman kappaleen kiertoradalle laukaisu tapahtui vuonna 1958. Satelliitin nimeksi annettiin *Explorer 1*. Toisin kuin *Sputnik 1*, se käytti geigermittaria säteilyn mittaamiseksi ja lähetti kyseisen datan takaisin maan pinnalle. (Karttunen 2009, luku 5)



Kuva 11. Sputnik 1.

Ihminen avaruudessa

” That’s one small step for man, one giant leap for mankind” – Neil Armstrong

Ensimmäinen ihminen avaruudessa oli Neuvostoliittolainen Juri Gagarin. Gagarin sekä *Vostok: ksi* nimetty alus kiersivät maapalloa 108 minuuttia, kunnes hän aloitti laskeutumisen takaisin maapallon ilmakehään. (NASA, 2017) Noin vajaa kuukausi Gagarinin kiertoratalennon jälkeen, Yhdysvallat laukaisi ensimmäisen miehitetyn avaruuslentonsa. Astronautti Alan Shepard kiersi maapalloa kiertoradalla noin neljänneksen ajan. (Karttunen 2009, luku 5)

Vuoteen 1969 mennessä Yhdysvallat sekä Neuvostoliitto olivat saavuttaneet vähäisessä ajassa paljon loikkauksia avaruuden valloittamiseen liittyen. Kuvassa 12 esitellään yksi vaikuttavimmista. Vuonna 1968 laukaistu *Apollo 8* tehtävä, mukanaan astronautit Frank Borman, James Lovell sekä William Anders matkasi kuun kiertoradalle, jolloin kyseiset astronautit ottivat kuvan nro. 12. (Karttunen 2009, luku 8)

Vuonna 1969 ensimmäinen lento, tarkoituksenaan tuoda ensimmäiset ihmiset kuun pinnalle, *Apollo 11* laukaistiin. *Apollo 11* miehistönä toimivat Neil Armstrong, Buzz Aldrin sekä Michael Collins. Noin kolme vuorokautta itse tehtävän laukaisun jälkeen, *Apollo 11* miehistön jäsenet aloittivat valmistelut kuun pinnalle laskeutumiseen. (Karttunen 2009, luku 8).



Kuva 12. Apollo 8 miehistön ottama kuva maapallosta kuun kiertoradalta.

Tähtitieteen vaikutukset nykypäivän elämään

Tähtitieteen vaikutukset modernin ajan jokapäiväiseen elämään ovat kasvaneet. Hyvänä esimerkkinä toimii esimerkiksi älypuhelimesi kamera tai GPS- navigointijärjestelmä. Ilman tutkijoiden valtavaa panosta, nämä laitteet sekä niiden tarjoamat mukavuudet tuskin olisivat mahdollisia. (Betz, 2020). Myös esimerkiksi lääketiede on hyötynyt sekä edistynyt paljon tähtitieteen saralla saavutetuista saavutuksista. Tekniikkaa nimeltään interferometri (*eng. Interferometry*) käytettiin tähtitieteessä mittaamaan radioaaltoja. Sitä sovellettiin lääketieteessä esimerkiksi magneettikuvauksissa (*eng. Magnetic Resonance Imaging, MRI*), tietokonetomografioissa (*eng. Computerized tomography, CAT*) sekä positroniemiissiotomografia (*eng. Positron Emission Tomography, PET*). (Canadian Space Agency, 2020)

3.4 Esimerkkitapauksia tekoälyn soveltamisesta tähtitieteessä

Seuraavassa osiossa käsitellään tekoälyn sekä sen osa- alueiden käyttöä nykyaikaisessa tähtitieteessä. Osioon on koottu käytännön esimerkkejä tunnetuista lähteistä.

3.4.1 NASA hakee vihjeitä Piilaaksosta tekoälykehityksen avuksi

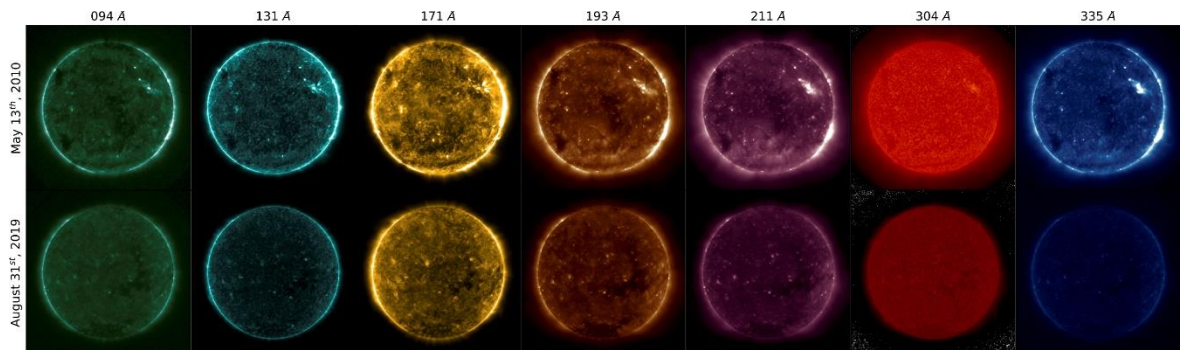
Voivatko samat tietokonealgoritmit, joita käytetään esimerkiksi itsestään ajavien autojen kehitykseen, auttaa tunnistamaan läheisiä taivaankappaleita, kuten asteroideja tai tunnistamaan elämää universumissa? NASAn tutkijat tutkivat mahdollisuuksia yhdistää tietotaitonsa tekoälyn pioneerien kuten Googlen, IBM:n ja Intel:n kanssa soveltaakseen edistyneitä algoritmeja tähtitieteen ongelmiin. (Shekhtman, 2019)

NASAn astrobiologisti Giada Arney toivoo koneoppimisen tuovan hänelle, sekä hänen kollegoilleen mahdollisuuksia löytääkseen elämää ”heinäkasasta” jota kutsutaan dataksi. Tätä dataa kerätään teleskoopeilla sekä observatioilla, kuten esimerkiksi NASAn James Webb avaruusteleskooppi. Lainaten Arneyta, ” *These technologies are very important, especially for big data sets and especially in the exoplanet field.*”. Auttaakseen Arneyn kaltaisia tutkijoita luomaan terävintä kärkeä olevia työkaluja tähtitieteen alalle, NASAn *Frontier Development Lab* tuo yhteen kyseisen alan johtavia tutkijoita sekä kehittäjiä luomaan uusia ideoita sekä kehittämään tekoälyjen sekä koneoppimisen ohjelmakoodia. (Shekhtman, 2019)

3.4.2 Tekoäly tutkijoiden apuna

Ryhmä NASAn tutkijoita käyttää tekoälyn tuomia tekniikoita kalibroidakseen NASAn kuva-dataa auringosta. Tämä uusi tekniikka julkaistiin *Astronomy & Astrophysics* lehdessä huhtikuun 13 päivänä, 2021.

Tutkijat joutuvat uudelleen kalibroimaan aurinkoteleskooppeja vaiheittain, johtuen teleskooppeihin kohdistuvasta rajusta auringon säteilystä. Tämä aiheuttaa laitteiston, kuten kameran linssien sekä sensoreiden kulumista. Varmistaakseen datan tarkkuuden, sekä laitteiston muuttumisen ymmärryksen, uudelleen kalibrointi on välttämätöntä. 2010 laukaistu NASAn *Solar Dynamics Observatory* satelliitti, on tuonut laajan datasetin teräväpiirtokuvia auringosta. Sen kuvat ovat mahdollistaneet tutkijoille tarkan näkemyksen moneen eri auringon luomaan ilmiöön. *Atmospheric Imager Assembly* on yksi kahdesta kuvausinstrumentista kyseisessä satelliitissa. Kyseinen instrumentti on suunnattu kokoaikaisesti kohti aurinkoa ja se ottaa kuvia kymmenen aallonpituuden laajuudella ultraviolettivalosta joka kahdestoista sekunti. Tämä luo ennennäkemättömän varallisuuden dataa auringosta, mutta kuten aiemmin kerrottu, se myös kuluttaa itse teleskooppia rajusti johtuen juuri auringon rajusta säteilystä.



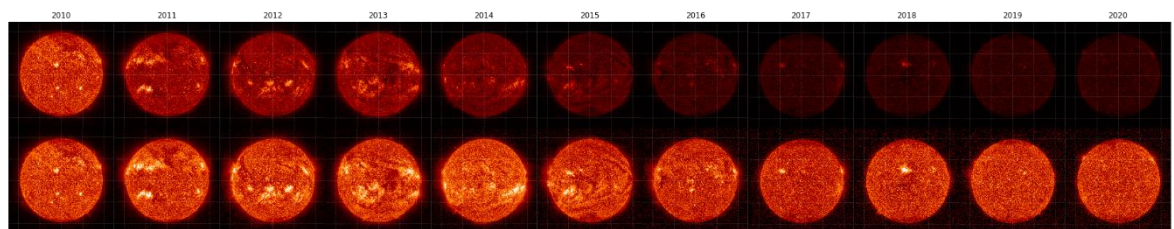
Kuva 13. AIA:n seitsemän kymmenestä aallonpituudesta.

Kuvassa 13 nähdään seitsemän kymmenestä aallonpituudesta mitä *Atmospheric Imager Assembly* tallentaa. Kuvista nähdään myös hyvin auringon aiheuttama laitteiston kuluminen. Yllä olevat kuvat ovat otettu vuonna 2010 ja alla olevat kuvat ovat otettu vuonna 2019.

Tutkijat ovat käyttäneet aiemmin luotainraketteja kalibroidakseen *Atmospheric Imager Assembly* satelliittia. Nämä raketit ovat laukaistu lentämään suurimmaksi osaksi maan ilmakehän ulkopuolella. Tämä mahdollistaa ultraviolettisäteilyn havaitsemisen, jota *Atmospheric Imager Assembly* mittaa. Tutkijat ovat asentaneet luotainrakettiin ultravioletti teleskoopin, jonka avulla he mittaavat ultraviolettisäteilyä, jonka avulla he taas pystyvät kalibroimaan *Atmospheric Imager Assembly* kuvausinstrumentin.

Tämä metodi tosin luo ongelman. Luotainraketteja pystytään laukaisemaan vain tietyn ajan. Mutta *Atmospheric Imagery Assembly* on kokoaikaisesti auringon säteilyn alaisena. Tästä johtuen, tutkijat ovat suunnanneet katseensa tekoälyn suuntaan, erityisesti koneoppimiseen. Tutkijat ovat kouluttaneet koneoppimis algoritmin tunnistamaan auringon rakenteita ja vertaamaan niitä käyttäen Atmospheric Imagery Assemblyn dataa. He ovat antaneet algoritmillemme luotainraketin ultraviolettiteleskoopin ottamia kuvia, joiden avulla algoritmi pystyy tekemään oikean määrän kalibrointia. Tämä toistuu tarpeeksi monta kertaa, kunnes algoritmi pystyy itsenäisesti tunnistamaan kuvista tarvittavan määrän kalibrointia.

Kuvan 14 ylempi rivi näyttää AIA:n 304 Angstrom aallonpituuskanavan kulumisen vuosien aikana. Alempi rivi taas näyttää samat kuvat, jotka ovat korjattu koneoppimisalgoritmin avulla. (Darling, 2021)



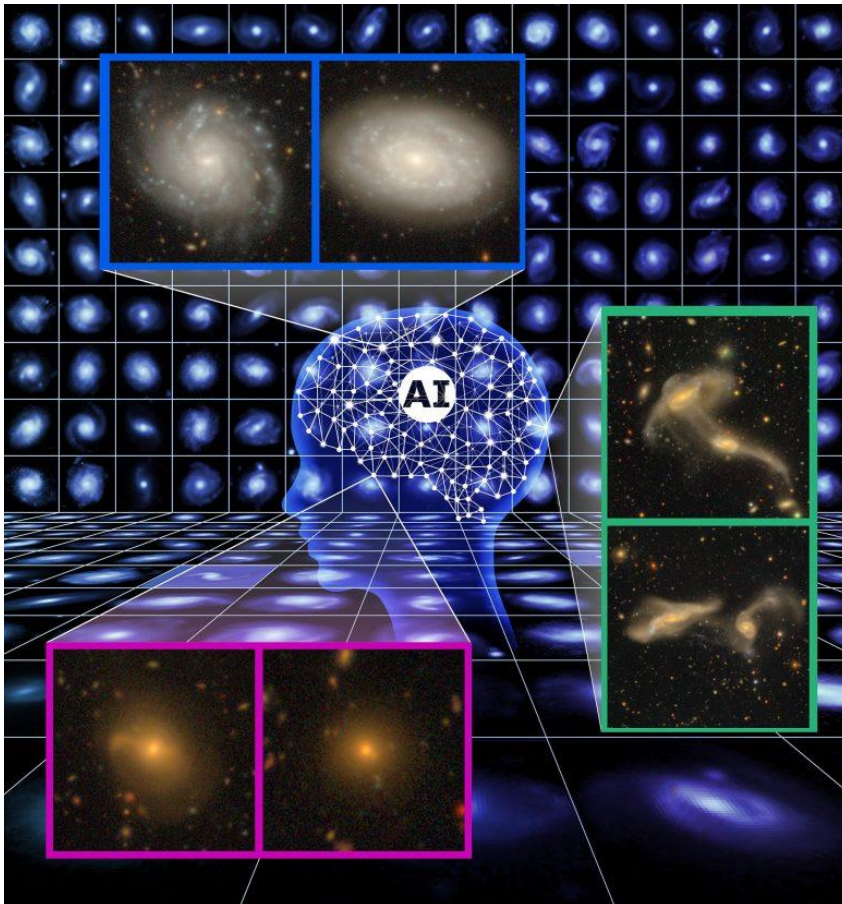
Kuva 14. AIA:n 304 Angstrom aallonpituuskanavan kuluminen

3.4.3 Tekoäly tunnistaa 80 000 spiraaligalaksia

Ryhmä tutkijoita Japanin kansallisesta tähtitieteen observatoriosta ovat hyödyntäneet tekoäly algoritmeja saadakseen todella laajan näkökentän kuvia kaukaisesta galaksiryhmittymästä (*eng. Cluster*) käyttäen Subaru teleskooppia. Tutkijat käyttivät syväoppimis algoritmia laajaan datasettiin (*ks. Datasetit, luku 2*) kuvia, jotka olivat saatu Subaru-teleskoopin avulla.

Kiitos teleskoopin korkean herkkyyttäajuuden, syväoppimis algoritmi onnistui tunnistamaan noin 560 000 galaksia käsittelemistään kuvista. Tämä tunnistaminen on onnistuttu kuvaamaan hyvin sekä yksinkertaisesti kuvassa 15. Kyseinen saavutus olisi ollut miltei mahdotonta suorittaa pelkän ihmissilmän ja tutkijoiden avulla. Tekoäly algoritmin ansioista tämä onnistui täysin ilman ihmisen väliintuloa.

Käyttäen tutkijoiden valmistelemaa harjoitusdataa, algoritmi onnistui tunnistamaan galaksien muoto-oppia (*eng. Morphology*) 97.5 % tarkkuudella. Tämän tuloksen avulla, tekoäly pystyi tunnistamaan spiraaleja noin 80 000 galaksista datasetistä. (National Institutes of Natural Sciences, 2020)



Kuva 15. Havainnollistaminen kuinka tekoäly tunnistaa galaksien eri tyyppejä

3.4.4 Morpheus

Tutkijat Kalifornian yliopistossa, Santa Cruzissa (*eng. University of California, Santa Cruz, UCSC*) ovat kehittäneet uuden, tehokkaan kuvantunnistusohjelman nimeltä "Morpheus". Ohjelma pystyy analysoimaan tähtitieteellistä kuvadataa pikseli kerrallaan, tunnistakseen sekä luokitellakseen galakseja sekä tähtiä laajoista dataseiteistä (*ks. Datasetit, luku 2*).

Morpheus on suunniteltu vähentämään astronomien työmäärää liittyen alati suureneviin astronomia datasetteihin. Se on tehty automatisoimaan tiettyjä työtehtäviä, mitkä aikaisemmin tähtitieteilijät itse suorittivat.

Tähtitieteilijät tarkkailevat galaksien rakennetta (Spiraali, sauvaspiraali sekä elliptiset galaksit), tämä voi kertoa heille, kuinka galaksit muotoutuvat ja kehittyvät ajan mittaan. Laajamittaiset tutkimukset, kuten *Legacy Survey of Space and Time (LSST)* joka tullaan

suorittamaan *Vera Rubin Observatoriossa* Chilessä, generoi valtavat määrät kuvadataa. Tätä kyseistä dataa on suunniteltu käytettävän galaksien muodostumisen sekä kehityksen tutkimisessa. *LSST* ottaa yli 800 panoraamakuvaa joka yö, käyttäen sen 3.2 biljoonan pikselin kameraa, näin tallentaen koko näkyvän taivaan kaksi kertaa joka viikko.

Morpheuksen kehittämiseen ja kouluttamiseen, tutkijat ovat käyttäneet dataa vuoden 2015 tutkimuksesta, jossa astronomit luokittelivat noin 10 000 galaksia Hubblen avaruustelekoopista. Tämän jälkeen he hyödynsivät Morpheusta kuvaamaan dataa, joka on saatu monesta Hubblen tutkimuksista.

Morpheuksen käsitellessä kuvaa tähtitaivaasta, se generoi uuden setin kuvia tietystä kohdista kuvaa, jossa kaikki kohteet ovat värikoodattuja perustuen niiden rakenteeseen, erotellakseen astronomisia kohteita taustasta sekä tunnistaakseen pääpisteitä, jotka ovat suurimmaksi osaksi tähtiä, sekä erityyppisiä galakseja. Ohjelmaan sisältyy varmuustaso jokaiselle luokittelulle. Ohjelma pyörii UCSC:n supertietokoneella, se generoi nopeasti pikseli pikseliltä tason analyysin koko syötetylle datasetille. (Stephens, T, 2020)

4 Pohdinta

Seuraavassa luvussa esitän opinnäytetyöni tulokset, jokaista tutkimuskysymystäni kohden. Luku sisältää kriittistä pohdintaa tutkimuksen luotettavuudesta, eettisistä näkökohdista, sekä johtopäätöksistä. Pohdin omaa rooliani kirjoittajana, sekä mahdollisia kehittämis-, ja jatkotutkimuksia.

4.1 Tulosten tarkastelu

Miten tekoälyä voi hyödyntää rakentavasti tähtitieteessä?

Tekoälyä voi hyödyntää tähtitieteessä esimerkiksi uusien taivaankappaleiden löytämisessä. Luvussa 3 olen avannut enemmän tekoälyn käyttötarkoituksista tähtitieteessä. Näistä esimerkkikäyttötarkoituksista saaduista tuloksista voi päätellä tekoälyn olleen käytössä jo monta vuotta tähtitieteen alalla. Sitä on käytetty niin uusien taivaankappaleiden löytämiseen, sekä uuden että jo olemassa olevan datan analysoimiseen. Tämän datan analysoinnin avulla on onnistuttu tekemään uusia löydöksiä maailmankaikkeudesta. Aikaisemmasta lauseesta toimii hyvänä esimerkkinä kappale *3.4.4 Morpheus*.

Kuinka paljon tekoäly ja sen osa-alueet ovat jo vaikuttaneet tähtitieteeseen?

Ensimmäiset tutkimukset tekoälyn hyödyntämisestä tähtitieteessä löytyvät jo vuodelta 1987 (*Adorf, Albrecht, Rampazzo, Fosbury & Johnston, 1987*). Maailman avaruusjärjestöt ovat lukuisilla teknologiainnovaatioilla sekä saavutuksilla osoittaneet tekoälyn ja sen osa-alueiden hyödyn tähtitieteen saralla. Tekoälyn avulla on pystytty nopeasti laskemaan lähestyvien taivaankappaleiden, esimerkiksi asteroidin lähestymisrataa maapalloa kohti, sekä sen painovoimallisia vaikutuksia maan painovoimakenttään.

Kysymykseen erittäin hyvänä esimerkkinä toimii luvun 3.4.3 aihe, *Tekoäly tunnistaa 80 000 spiraaligalaksia*. Kyseinen luku käsittelee hyvin tekoälyn käyttöä tähtitieteen saralla, se myös tuo lukijalle käytännön esimerkin sen käyttötarkoituksista. Luku toimii myös hyvänä esimerkkinä ensimmäiseen tutkimuskysymykseen.

Mitkä ovat suurimmat tekoälyn käyttötarkoitukset tähtitieteessä?

Datan käsittely. Tekoälyalgoritmit voivat käsitellä moninkertaisesti dataa ihmiseen verrattuna. Tästä johtuen suurin osa tähtitieteessä käytettävistä tekoälysovelluksista on valjastettu juuri uuden, tai jo olemassa olevan datan käsittelyyn. Luvussa *3.4.2 Tekoäly tutkijoiden apuna* on avattu hyvin tekoälyn käyttöä datan käsittelyssä. Tutkijat olivat saaneet

käyttöön tekoälyalgoritmin, jonka avulla he pystyivät kalibroimaan käytössä kuluneen teleskooppisatelliitin uudelleen uuden datan tuottamista varten.

4.2 Tutkimuksen luotettavuus sekä mahdolliset eettiset näkökohdat

Tutkimuksen luotettavuuden varmistamiseksi olen käyttänyt useiden eri järjestöjen varmistamia lähteitä, sekä Haaga- helian omaa kirjastoa. Olen myös tehnyt suuren työn kirjailijoiden sekä tutkijoiden taustojen sekä kokemuksen selvittämiseen. Esimerkkinä toimii hyvin artikkeli, jonka kirjoittajalla ei ollut aikaisempaa kokemusta tähtitieteen saralla. Hän ei myöskään merkinnyt viittauksia tai lähteitä kirjoittamaansa artikkeliin.

Valitsin lähteiksi vain tutkijoiden kirjoittamia, tai luotettavia lähdeviittauksia sisältäviä tutkimusartikkeleita, kirjoja tai uutisartikkeleita. Halusin myös rajata uutisartikkelit kolmeen suurimpaan avaruusjärjestöön, NASA, ESA sekä SpaceX. Tämä lisää opinnäytetyön luotettavuutta.

Eettisiin näkökohtiin kantaa ottaen, opinnäytetyössä ei ole käytetty tai käsitelty mitään aihetta tai lähdettä mikä olisi sisältänyt eettisesti vaikeita aihe- alueita. Vaikka tähtitieteen historiassa on olemassa merkittäviä tutkimustapahtumia, jotka ovat olleet eettisesti haastavia, en halunnut niitä sisällyttää opinnäytetyöhöni. Tästä esimerkkinä toimii Laika- koira vuodelta 1957. Eettisten periaatteiden noudattamista on arvioitu laajasti, joten lukija pystyy arvioimaan sitä opinnäytetyön perusteella.

4.3 Johtopäätökset

Opinnäytetyön jatkomahdollisuuksia pohtien, ylös on noussut yksi asia. Ammattilaisten haastattelut. Suunnitelmissani oli tiedustella haastattelumahdollisuuksia sekä tähtitieteen, että tekoälyn ammattilaisilta. Näistä haastatteluista saisi mahdollisimman nykyaikaisen kuvan opinnäytetyön aiheesta sekä myös ulkoista näkökulmaa aiheen mahdollisuuksiin.

Kehittämisaatuksia on monia. Yksi keskeisimmistä olisi tähtitieteen suurempi läpikäynti sekä itse opinnäytetyön aiheen kattavampi läpikäynti. Olin myös pohtinut kirjoittaa tekoälyn muista käyttötarkoituksista, mutta mielestäni ne eivät kuuluneet aihe- alueeseeni.

4.4 Kehittämis- ja jatkotutkimus

Opinnäytetyö onnistui hyvin. Sain haluamani asiat tuotua esille ja onnistuin siinä hyvin. Olen tyytyväinen tulokseen, siihen aikamäärään nähden mitä minulla oli käytettävissä. Opinnäytetyö tuo esille tekoälyn hyötyjä sekä käyttötarkoituksia tähtitieteessä, sekä se myös avaa keskeisiä käsitteitä, mitkä saattaisivat jäädä esimerkiksi luennolla käymättä. Opinnäytetyöni tuo esille moderneja ja ajankohtaisia aiheita niin tekoälyn, että tähtitieteen saralla. Olen avannut hyvin tekoälyn sekä sen osa- alueiden käyttötarkoituksia sekä keskeisiä käsitteitä. Tavoitteenani oli luoda lukijalle mahdollisimman kiinnostava sekä mukaansa tempaava lukukokemus, mutta samalla koittaa pitää luettava teksti asianmukaisena, että kevyenä. Sisällyttämällä paljon kuvia opinnäytetyöhön, olen saanut jaoteltua tekstiä hyvin sekä saanut sen kevyeksi luettavaksi.

Aihe- alueet ovat moderneja sekä ne käsittelevät hyvin ajankohtaisia aiheita. Keskeiset käsitteet läpikäytynä, lukija pystyy luomaan kuvan luvussa 3 läpikäymistäni esimerkkita-pauksista, jotka käsittelevät juuri tekoälyn sekä sen osa- alueiden käyttöä tähtitieteessä.

Lukija saa mahdollisuuden oppia opinnäytetyöstäni tekoälyn keskeiset käsitteet, sekä tähtitieteen historiaa. Tämän jälkeen, lukija voi halutessaan itse hyödyntää opinnäytetyön tarjoamia tietoja käyttääkseen esimerkiksi luvussa 3.4.4 mainittua *Morpheus* tekoälyalgoritmia.

Opinnäytetyön kirjoittaminen oli erittäin mukavaa ja kiinnostavaa. Halusin alusta pitäen haastaa itseäni kirjoittamisen sekä tutkimusten saralla ja mielestäni onnistuin siinä. Kohtasin monta haastetta kirjoittamisen aikana, suurin niistä oli tiedon haun vaikeus. Tietoa itse opinnäytetyön aiheesta löytyi vain harvasti.

Kyseistä aihetta kokonaan käsitteleviä artikkeleita löytyi vain muutamia. Tästä johtuen, jouduin etsimään artikkeleita, jotka eivät suoranaisesti käsitelleet aihettani, mutta sisälsivät siihen liittyvää tietoa. Onnistuin ratkomaan tämän ongelman hyvin, sain kerättyä paljon tietoa eri lähteistä sekä sain sen myös pidettyä luotettavana laajan taustatiedon selvittämisen avulla. Opin paljon kirjoittaessani opinnäytetyötä. Aikaisemmin minulla oli vaikeuksia kirjoittaa kieliopillisesti tarkkaa sekä hyvää tekstiä, mutta kirjoitettuani opinnäytetyöni, olen siinä kehittynyt.

Opin myös paljon tiedonhausta sekä lähdeviittauksista. Käytin opinnäytetyössäni Harvardin lähdeviittausmallia, jonka avulla sain lähteisiin viittaamisen pidettyä siistinä ja oikeaoppisena. Tiedonhausta opin, että kaiken ei tarvitse suoranaisesti sisältää aihe-alueen otsikkoa. On mahdollista etsiä tietoa myös muista lähteistä, jotka mahdollisesti vain sivuavat aihetta. Tästä johtuen pakotin itseni lukemaan miltei jokaisen artikkelin, löytääkseni tarvitsemani tiedon. Tämä toi myös lisää oppimisen mahdollisuuksia itse aiheesta. Jo ennen opinnäytetyötäni, pidin tietoperustaani tähtitieteestä sekä tekoälystä laajana. Tätä se ei ollut. Opin erittäin paljon lukiessani ja tutkiessani eri artikkeleita ja tutkimuksia kyseisistä aiheista. Haluni oppia lisää aiheesta kasvoi, joten aion varmasti seurata aiheen uutisia sekä tutkimuksia. Tutkimus osoittaa tekoälyn kasvavaa merkitystä modernin ajan tähtitieteessä, sen merkitystä on mahdoton sivuuttaa ja sen kehityksen jatkuvuus on varmistettava.

Lähteet

ADORF, H.M., ALBRECHT, R., RAMPAZZO, R., FOSBURY, R., JOHNSTON, M., 1987 *Applications of AI Technology in Astronomical Research II: What Can Be Done, What Should be Done?*

ANDREW GLASSNER, 2021. *Deep Learning*. No Starch Press.

BETZ, E., 03.04.2020 *How does astronomy affect your day-to-day life?* Luettavissa: <https://astronomy.com/news/2020/04/everyday-discoveries-made-by-astronomers> Luettu: 09.10.2021

BARTOSZ, S., 11.10.2020 *What is an artificial neuron and why does it need an activation function?* Luettavissa: <https://towardsdatascience.com/what-is-an-artificial-neuron-and-why-does-it-need-an-activation-function-5b4c1e971d80> Luettu: 09.10.2021

BURNS, E., 8.2021 *What is artificial intelligence?* Luettavissa: <https://searchenterprisearch.techtarget.com/definition/AI-Artificial-Intelligence> Luettu: 08.10.2021

CANADIAN SPACE AGENCY., 03.12.2020 *Astronomy in our daily lives* Luettavissa: <https://www.asc-csa.gc.ca/eng/astronomy/basics/astronomy-daily-lives.asp> Luettu: 21.08.2021

DARLING, S., 23.7.2021 *Artificial Intelligence Helps Improve NASA's Eyes on the Sun* Luettavissa: <https://www.nasa.gov/feature/goddard/2021/artificial-intelligence-helps-improve-nasa-s-eyes-on-the-sun> Luettu: 19.08.2021

DJORGOVSKI, S., 2005 *Virtual Astronomy, Information Technology, and the New Scientific Methodology*. California Institute of Technology

DI, W., JIANING WEI, WEI DI and WEI, J., 2018. *Deep Learning Essentials*. Packt Publishing, Limited.

ESA 31.3.2021 *Artificial intelligence in space* Luettavissa: https://www.esa.int/Enabling_Support/Preparing_for_the_Future/Discovery_and_Preparation/Artificial_intelligence_in_space Luettu: 24.08.2021

FLUKE, C.J., JACOBS, C., 2019 *Surveying the reach and maturity of machine learning and artificial intelligence in astronomy* Luettavissa: <https://koperio.com/viewer?doi=10.1002%2Fwidm.1349&token=WzMxODQ2MzMsljEwLjEwMDIvd2lkS4xMzQ5II0.rTI08wyCw3r8UhstD2nWpFEwPBw> Luettu: 02.10.2021

HOLT, G., 2011 *Astronomy*. National Science Teachers Association

KARTTUNEN, H., 2009 *Matkalla avaruuteen, Avaruustutkimuksen historia ja tekniikka* Kustannusosakeyhtiö Otava

LANG, K., 2018 *Brief History of Astronomy and Astrophysics*. World Scientific

NATIONAL INSTITUTES OF NATURAL SCIENCE., 25.08.2020 *Artificial Intelligence Identifies 80,000 Spiral Galaxies* Luettavissa: <https://scitechdaily.com/artificial-intelligence-identifies-80000-spiral-galaxies-promises-more-astronomical-discoveries-in-the-future/> Luettu: 07.09.2021

NASA., 07.08.2017 *Making History* Luettavissa: <https://www.nasa.gov/topics/history/features/gagarin/gagarin2.html> Luettu: 07.09.2021

NASA., 17.03.2017 *Phases of Venus* Luettavissa: <https://science.nasa.gov/phases-venus> Luettu: 13.11.2021

OVERTON, J., 2018. *Artificial Intelligence*. O'Reilly Media, Inc.

REVIEW, H.B., 2019. *Artificial Intelligence*. Harvard Business Review Press.

SEWAK, M., KARIM, R., PUJARI, P., MD. REZAUL KARIM and PRADEEP PUJARI, 2018. *Practical Convolutional Neural Networks*. Packt Publishing, Limited.

SHEKTMAN, L., 19.11.2019 *Nasa Takes a Cue from Silicon Valley to Hatch Artificial Intelligence Technologies* Luettavissa: <https://www.nasa.gov/feature/goddard/2019/nasa-takes-a-cue-from-silicon-valley-to-hatch-artificial-intelligence-technologies> Luettu: 08.08.2021

STEPHENS, T., 12.05.2020 *Powerful new AI technique detects and classifies galaxies in astronomy image data* Luettavissa: <https://news.ucsc.edu/2020/05/morpheus.html> Luettu: 10.08.2021

SIEGEL, E., 30.08.2018 *Our Motion Through Space Isn't a Vortex, But Something Far More Interesting* Luettavissa: <https://www.forbes.com/sites/starts-withabang/2018/08/30/our-motion-through-space-isnt-a-vortex-but-something-far-more-interesting/?sh=7ab532907ec2> Luettu: 10.11.2021

SZABLOWSKI, B., 2020 *What is an artificial neuron and why does it need an activation function?* Luettavissa: <https://towardsdatascience.com/what-is-an-artificial-neuron-and-why-does-it-need-an-activation-function-5b4c1e971d80> Luettu: 10.11.2021

TAULLI, T., 2019. *Artificial Intelligence Basics*. Apress.