



Tekoälyn hyödyntäminen Ilmavoimien lentosimulaattoreissa

Opinnäytetyö
Petri Nousu 8.12.2021
Teknologiaosaamisen johtamisen ylempi AMK-tutkinto.

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Ylempi ammattikorkeakoulututkinto (YAMK)
Teknologiaosaamisen johtaminen

NOUSU PETRI

Tekoälyn hyödyntäminen puolustusvoimien lentosimulaattoreissa

Opinnäytetyö 89 sivua, joista liitteitä 0 sivua
Joulukuu 2021

Tämän opinnäytetyön tarkoitus oli tehdä tutkimus tekoälytekniikasta ja löytää uusia työkaluja tietokoneella tuotettujen olioiden tuottamiseen ilmavoimien lentokoulutussimulaattoreihin. Työn tavoitteena oli kehittää konstruktivistien olioiden (ohjelmallisesti tuotettu virtuaalinen lentokone, auto jne) käyttäytymistä tekoälytekniikasta löytyvien työkalujen avulla, sekä lisätä kyseisiä olioita tuottavan ympäristön hankintaorganisaatiolle osaamista tekoälytekniikasta. Tavoitteena oli myös tuottaa malli, jonka mukaan konstruktivisia olioita voitaisiin jatkossa suunnitella ja toteuttaa. Mallilla tarkoitetaan tässä sitä, mitä kaikkea tarvitsee tietää ja mitä kaikkea täytyy olla olemassa, jotta voidaan suunnitella vaatimusmäärittely, jonka pohjalta tekoälytuotetta voidaan alkaa rakentamaan tai päättää jättää rakentamatta esimerkiksi simulaattorikoulutusvaatimuksiin nähden liian kalliina investointina. Menetelmänä tutkimuksessa käytettiin kirjallista tutkimusta ja sisällönanalyysiä, jonka perusteella arvioitiin tekoälyssä käytettävien tekniikoiden hyötyjä ja puutteita kyseiseen tehtävään, sekä tuotiin tekoälyyn liittyvää yleistietoutta aiheen ympäriltä. Työ rajattiin koskemaan lentosimulaattoreissa käytettävien konstruktivistien olioiden käyttäytymistä kirjallisuudesta ja internetistä saatavien tietolähteiden perusteella. Lisäksi työn ulkopuolelle rajattiin tiedon kulkusuunta siten, että Puolustusvoimista ei tuotu tähän tutkimukseen sellaista tietoa, jota ei olisi saatavilla julkisista lähteistä. Työn tuloksena syntyi malli, jonka perusteella voitiin koostaa tarvittavat tiedot ja toisaalta nähdään, mitä tietoja ei ole saatavilla.

Tutkimuksen johtopäätöksinä voitiin todeta, että tekoäly ei ole ihmiselle luontaista älykkyyttä, vaikka sana "äly" on kyseisessä termissä mainittu. Se on mitatun ja tallennetun tiedon hyödyntämistä hakiessa vastauksia ongelmiin. Lisäksi työn johtopäätöksenä voidaan todeta, että tekoälyllä on tulevaisuudessa suuri merkitys myös konstruktivistien olioiden ohjelmoinnissa ja että alalle on perustettu jo ainakin yksi yritys, joka tekee tuotetta kyseiseen tarpeeseen.

Yhteenvedon voidaan todeta, että tutkimuksen aikana löytyneet tekoälytekniikat ja ennen kaikkea datan hyödyntäminen tekoälyn opettamisessa avaa uusia mahdollisuuksia simulaattoreiden kehittämisessä, kunhan opitaan ensin keräämään, lajittelemaan ja tallentamaan dataa siten, että se on ymmärrettävässä muodossa ja saatavilla. Kehittämis ehdotuksia tämän työn tiimoilta voisi ehdottaa Meta Reinforcement Learning- ja Imitation Learning and Inverse -menetelmien jatkotutkimusta, koska ne vaikuttivat sovelialta tulevaisuuden tekniikoilta mm. itseohjautuvia autojen kehityksessä.

Avainsanat: tekoäly, LVC, lentosimulaattori

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Technology Management

NOUSU PETRI:

Utilization of artificial intelligence in a simulator system

Master's thesis 89 pages, appendices 0 pages
December 2021

Utilization of artificial intelligence in a fighter simulator system. Of most interest is the behavior of the objects produced by the threat environment used in fighter simulators. Simulators have traditionally been used as a teaching tool for type and emergency response training. They have also been able to practice combat situations in the virtual world either with a single simulator or networked with multiple simulators.

In the future, more simulators will be networked with real-world players. Such training involves, for example, real airplanes, simulators, and computer-generated objects. This training is called an LVC training. L stands for live, V stands for simulator, and C stands for computer-generated object.

With LVC training, the demands placed on simulators, and especially on computer-generated objects, increase dramatically so that it makes sense for a real machine to practice networking with simulators. A computer-generated object should behave as naturally as possible so that other members do not recognize it as a computer object.

The work investigates whether there are tools and methods in artificial intelligence that could be applied to the behavior of objects.

The study revealed that there are suitable techniques for this purpose like Deep Reinforcement technique, Meta Reinforcement Learning technique and Imitation Learning and Inverse-technique.

None of the above techniques will suffice, but the final solution will be some combination of the above combined with traditional programming. In any case, artificial intelligence technology will be a key part of agent behavior programming in the future.

Key words: artificial intelligence, LVC, flight simulator,

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
1.1	Tarpeet ja lähtökohta	7
1.2	Teoria	8
1.3	Käsitteet	10
2	TUTKIMUSSUUNNITELMA	11
1.	<i>Tiivistelmä</i>	11
2.	<i>Johdanto</i>	12
3.	<i>Tutkimuskohde ja kysymykset</i>	14
4.	<i>Tutkimusasetelma ja -menetelmät</i>	14
5.	<i>Tutkimusympäristö ja yhteistyökumppanit</i>	15
6.	<i>Kansainvälisyys ja kansainvälistymissuunnitelma</i>	15
7.	<i>Tutkimuksen aikataulu</i>	15
8.	<i>Kustannukset ja rahoitus</i>	16
9.	<i>Lähdeluettelo</i>	16
3	TUTKIMUSSTRATEGIA JA MENETELMÄT	17
3.1	Ongelman asettelu	18
3.2	Tutkimusstrategia	19
3.3	Tutkimusaineiston hankintamenetelmät	20
3.4	Aineiston analyysimenetelmä	21
3.5	Tutkimusprosessi	22
3.6	Tutkimusraportin rakenne	23
4	SIMULAATTORIJÄRJESTELMÄ	24
4.1	Simulaattoreiden tarkoitus ja tehtävät	25
4.2	Lentosimulaattorit	25
4.2.1	Grob	25
4.2.2	Hawk	26
4.2.3	Hornet	26
4.3	Uhkaympäristö	27
4.3.1	Agentin rooli uhkaympäristössä	28
4.4	Nykyiset toimintamallit	29
4.4.1	Puutteita nykyisissä ympäristöissä	29
4.4.2	Tulevaisuuden Live Virtual Constructive LVC	30
5	TEKOÄLY	32

5.1	Tekoäly terminä yleisesti	33
5.1.1	Mitä tekoäly on ja mitä se ei ole.....	34
5.1.2	Älykkyys ja tietoisuus.....	35
5.1.3	Heikko ja vahva tekoäly	36
5.1.4	Koneoppiminen.....	39
5.1.5	Koneoppiminen opetustavan mukaan jaoteltuna	39
5.1.6	Sääntöpohjainen ja tekoälypohjainen ohjelmointi	45
5.1.7	Algoritmi	46
5.2	Data Science.....	47
5.2.1	Datan perusyksikkö ja esittely	47
5.2.2	Datastrategia	48
5.2.3	Datan kerääminen	49
5.2.4	Datan hyödyntäminen tekoälysovelluksessa	50
5.2.5	Datan visualisointi.....	51
5.3	Tekoälytekniikat	52
5.3.1	Neuroverkot.....	52
5.3.2	Syväoppiminen	53
5.3.3	Automatisoitu koneoppiminen AutoML	55
5.3.4	Konvoluatioverkko	55
5.3.5	Vastavirta algoritmi.....	56
5.3.6	Human In The Loop.....	56
5.3.7	Syvävahvistusoppiminen	57
5.3.8	Meta reinforcement learning	59
5.3.9	Imitation Learning and Inverse RL.....	59
5.4	Tekoälyn tehokkuus ja kannattavuus	60
6	TEKOÄLYSOVELLUKSET	62
6.1	Tunnettujen tekoälyasiantuntijoiden ennustuksia	62
6.1.1	Tekoäly tulee halvemmaksi ja helpommin saataville	62
6.1.2	Tekoälyä hyödynnetään erikoistarkoituksiin yhä enemmän	62
6.1.3	Katastrofiennuste tekoälyn avulla	63
6.1.4	Tuletko olemaan osa tekoälyn tulevaisuutta?	63
6.2	Microsoft Flight simulaattorin tekoälysovellukset.....	64
6.3	Pelikonsolien tekoälysovellukset	67
6.4	Bohemia Interactiven tekoälykuulumiset	67
6.5	Modern Air Combat Simulator (MACE)	68
6.6	Northrop Grumman	69
7	TUTKIMUSAINEISTON KÄSITTELY	70
8	SIMU AI Business Model Canvas	75
9	JOHTOPÄÄTÖKSET	81

9.1 Miksi tekoälyyn kannattaa panostaa	82
9.2 Mitä voisi vielä tutkia	83
9.3 Pohdinta	84
LÄHTEET	85

1 JOHDANTO

Työn tarkoitus oli tuoda Puolustusvoimille tietotaitoa tekoälyn mahdollisesta hyödyntämisestä Ilmavoimien simulaattorilentokoulutukseen ja luoda periaatteet, joilla Puolustusvoimat hankkii ja kehittää tekoälyn käyttöä lentokoulutukseen käytettävissä simulaattoreissa. Puolustusvoimissa on käynnissä tutkimuksia tekoälyyn ja digitalisaatioon liittyen, mutta lentosimulaattoriala on hyvin spesifinen, eikä ainakaan hankinnan tueksi ole tiedossa aiempaa selvitystä. Tekoälyn hyödyntämisestä simulaattoreissa on ollut käytössä jo pitkään riippuen siitä, mikä lasketaan tekoälyksi. Tekoälylle ei ole vielä olemassa tarkkaa määrittelyä ja tekoälyä sanana käytetään paljon myynti- ja markkinointitarkoitukseen monenlaisissa asiayhteyksissä, koska se on myyvä ja huomioita herättävä sana. Koneoppimista, sekä mitatun ja tallennetun datan käyttöä on kuitenkin hyödynnetty lentosimulaattoreissa suhteellisen vähän lukuun ottamatta esimerkiksi visuaalin tuottamista, joka pohjautuu maanmittauslaitoksen karttatietojen ynnä muiden julkisten rekisterien, kuten rakennus- ja korkeustietokantojen käyttöön. Tämäkin voidaan mieltää sekä tekoälyksi-, että perinteiseksi ohjelmoinniksi ajattelutavasta riippuen, koska tietokantoja hyödyntämällä ei opita mitään uutta järjestelmän käytön aikana. Silti voidaan ajatella myös, että uusi tietokanta opettaa tekoälylle uusia asioita ja se toimisi tällöin opetusdatana tekoälylle. Tässä tutkimuksessa tekoälyksi lasketaan sellainen toiminta, joka oppii ja kehittyy käytön aikana.

1.1 Tarpeet ja lähtökohta

Simulaattorikoulutuksen hyödyt näkyvät osaavampana henkilökuntana kalliita sodankäynnin järjestelmiä käytettäessä. Yleensä polttoaineista, palkkakuluista ja vaikkapa ulkopuolisten valvonnasta johtuen kaikkea tarpeellista ei voida riittävästi harjoitella oikeilla lentokoneilla. Mitä valmiimmaksi ja osaavammaksi käyttäjä voidaan valmentaa simulaattorikoulutuksella, sitä tehokkaampi on käyttäjän jatkokoulutus oikeilla lentokoneilla.

Tämän tutkimuksen kohteena olevaa tekoälyä kehitetään myös aktiivisesti muualla maailmassa. Kauppalehti julkaisi 22.8.2020 artikkelin ”Tekoälyn ohjaama hävittäjä voitti aidon hävittäjälentäjän ilmataisteluturnauksessa”. Tässä ei ollut kuitenkaan kyse tekoälyllä varustetusta lentävästä F-16 hävittäjästä, vaan simulaattorissa toteutetusta tekoälysovelluksesta. Tämä artikkeli oli osoitus tekoälyn tulemisesta hävittäjälentäjien koulutusympäristöön ilmataistelun opetukseen. Lento-simulaattoreita on perinteisesti käytetty tyyppi- ja hätätoimenpidekoulutukseen, sekä muiden yksittäisten tapahtumien harjoitteluun, kuten ilmatankkaus. Oletettavaa on, että miehittämättömät ilma-alukset ja viidennen sukupolven hävittäjät ovat jo paljon pidemmällä tässä asiassa, mutta niistä ei ole julkista tietoa saatavilla kovinkaan paljoa, eikä niiden tutkiminen mahdu tähän tutkimukseen.

1.2 Teoria

Yksilön käyttäytyminen ryhmässä vaikuttaa siihen, miten toiset yksilöt käyttäytyvät. Tästä on tehty tutkimuksia kautta aikojen. Nämä käyttäytymismallit eivät kuitenkaan toteudu tietokoneella tehdyillä olioilla, koska tietokoneolioilla on usein vain muutama tapa käyttäytyä ennalta ohjelmoidun algoritmin mukaisesti. Ilmataisteluun tehdyissä virtuaalisissa olioissa nämä käyttäytymismallit ovat suhteellisen helposti ihmisen huomattavissa, koska tietokoneella luotuna ne käyttäytyvät usein samalla tavalla kerta toisensa jälkeen. Siitä onkin jo suhteellisen helppo oppia tunnistamaan jo pelkän käyttäytymisen perusteella, että onko havaittu entiteetti ihminen vai virtuaalinen olio. Ja jos kyseessä on olio, niin opitaan tietämään muutaman käyttökerran jälkeen, että minkälaisiin tilanteisiin olio on ohjelmoitu. Sen jälkeen opitaan käyttämään hyväksi sellaisia tilanteita, jotka ovat oliolle vieraita. Ihminen on yleisesti ottaen paljon älykkäämpi ja kekseliäämpi kuin olio, joka noudattaa tiettyä algoritmia.

Toisaalta tietokone pystyy käymään nopeasti läpi yhä isompia tietomassoja (jopa miljoonia tiedostoja) ja tehdä päätelmiä niiden perusteella. Kun opitaan ohjelmoimaan tietokoneet entistä tehokkaammiksi, niin samalla tietokone voi voittaa ihmisen kapeilla osaamisalueilla yksi kerrallaan.

Tekoälyn avulla voidaan saada tulevaisuudessa parempia olioita, joiden käyttäytyminen voidaan viedä lähemmäs ihmisen käyttäytymistä. Teoriassa on myös mahdollista tehdä yli-inhimillisiä olioita, jotka ovat taitavampia kuin ihminen. Kirjallisuudessa on esiintynyt termejä, kuten "superhuman" ja "metahuman". Tällaiset superoliot eivät kuitenkaan ole todellisuutta vielä nykyisen heikon tekoälyn aikakaudella. Heikosta ja vahvasta tekoälystä lisää myöhemmin tässä tutkimuksessa.

Parhaassa tapauksessa voidaan päästä tilanteeseen, jossa tekoälyllä toteutettu olio oppii ihmisen käyttäytymisestä päättelemään ihmisen seuraavan siirron, eli tilanne kääntyisi päinvastaiseksi nykyiseen verrattuna. Kaupallisissa internetsovelluksissa on jo arkipäivää, että algoritmi mittaa ihmisten käyttäytymisestä ja tilastoi sitä, kunnes oppii päättelemään, että mitä tämä kyseinen-, tai hänen kaltainen ihminen ehkä seuraavaksi ostaisi tai mikä häntä miellyttäisi.

Hankkimalla olioita tuottavat järjestelmät tähän tarkoitukseen kehitetyn vaatimusmäärittelyn pohjalta, voidaan saada tulevaisuudessa parempia olioita virtuaaliin maailmaan. Tutkimuksen alussa ei ollut tietoa, että maailmassa on jo olemassa ainakin yksi kaupallinen tekoälyyn pohjautuva yritys, joka on tämän asian vienyt tuotteeksi asti. Kyseisestä yrityksestä lisää myöhemmin tässä raportissa.

Toisaalta tekoälytekniikan hyväksikäyttöä ilmailun parissa helpottaa se, että lentokoneohjaajienkin toimintatavat ovat aika tarkoin määriteltyjä, jotta lentämien voi onnistua turvallisesti yksin tai ryhmässä muiden kanssa. Ohjaaja ei voi tehdä kaikkia mahdollisia vippaskonsteja, mitä mieleen juolahtaa, vaan kaikki tilanteet pyritään harjoittelemaan mahdollisimman kattavasti etukäteen. Älytekniikka on tehokasta vain kapealla sektorilla, mutta tämä kapea sektori voidaan määritellä samalle osaamisalueelle, missä lentokoneohjaajat toimivat lentäessään.

1.3 Käsitteet

Tämän tutkimuksen sisällä käytetään seuraavia käsitteitä, jotta tekstistä tulisi ymmärrettävää. Kyseiset käsitteet vaihtelevat normaalisti hyvinkin paljon asiayhteydestä riippuen.

Agentti = Constructive Pilot; tietokoneella luodun olion ohjaaja.

Boeing = Lentokonevalmistaja, Hornet-torjuntahävittäjän valmistaja.

CPU = central processing unit.

Entity = Mikä tahansa reaali maailmassa esiintyvä fyysinen esine tai asia, sekä tietokoneella luotu olio. Voi olla myös ihminen.

GO = Grob, alkeislentokoulutuskone.

GPU = graphics processing unit.

Hawk = Suihkuharjoitushävittäjä.

Hornet = Torjunta hävittäjä.

LVC = Live, Virtual, Constructive .

Olio = Mikä tahansa tietokoneella ohjelmallisesti virtuaali maailmaan luotu reaali maailmassa esiintyvä fyysinen esine (lentokone, panssarivaunu, ilmatorjunta, so-tilas...).

Ohjaaja = Lentokoneen ohjaaja, lentäjä.

PV = Puolustusvoimat.

SimuPilot = simulaattorilla lentävä ohjaaja.

Tutkimus = opinnäytetyö

Visuaali = esimerkiksi projektorilla valkokankaalle heijastettu kuva, joka voisi esittää vaikkapa näkymää lentokoneen ikkunasta ulos.

2 TUTKIMUSSUUNNITELMA

Tässä kappaleessa myöhemmin oleva tutkimussuunnitelma on esitelty Puolustusvoimille (PV) Hakemuksella BQ16077 (Liite 1) ja jota on puollettu esityksellä BQ17700. Tutkimussuunnitelma on hyväksytty Päätöksellä CQ9538. Tutkimus vietiin läpi suunnitelman mukaisesti muuten, paitsi PV:n henkilökunnan haastatteluun ei löytynyt halukkaita henkilöitä ja muutenkin kävi ilmi, että aiheesta on parempi keskustella PV:n sisällä tämän tutkimuksen valmistumisen jälkeen. Lisäksi tutkimuksen laajuuden rajoittamiseksi tutkimussuunnitelmassa mainitut Systeemi- ja peliteoriat rajattiin työn ulkopuolelle, koska itse tekoälyyn liittyvä asia on jo niin laaja, että sekin olisi ollut syytä rajata johonkin tiettyyn osa-alueeseen. Tekoälystä oli kuitenkin niin vähän tietoa olemassa ennen tutkimusta, ettei kyseinen rajausta ollut mahdollista.

Tutkimussuunnitelma:

1. Tiivistelmä

Puolustusvoimien Logistiikkalaitoksen Järjestelmäkeskuksen (JÄRJK) Simulaattorisektori vastaa Ilmavoimien lentokoulutuksessa käytettävien simulaattoreiden hankinnasta ja kehittämisestä. Tutkimusluvan anoja on työskennellyt lentokoulutussimulaattoreiden (pääasiassa Hornet-simulaattoreiden) kunnossapito-, kehitys- ja hankintatehtävissä vuodesta 1999 saakka. Työtehtävät ovat sisältäneet muiden tehtävien ohessa virtuaalisten uhkapalvelimien ohjelmointiin ja kehitykseen liittyvät asiat. Hakija nykyinen tehtäväkuva liittyy enemmän simulaattoreiden hankintaan ja kehittämiseen, mutta uhkapalvelimien hankinta ja kehittäminen ovat edelleen osa työnkuvaa. Uhkapalvelimien tarkoitus on luoda virtuaalisia olioita simulaattorin ympäristöön ja tutkimuksen kohteena on näiden virtuaalisten olioiden kehittämien.

Simulaattorilla opetettavat oppilaat voivat harjoitella virtuaalisia uhkia vastaan kuten oikeassakin maailmassa oikeita vihollisia vastaan. Virtuaalisia olioita voidaan tarvittaessa myös asettaa samalle puolelle opetettavan oppilaan kanssa esimerkiksi siipimieheksi lentosimulaattorissa. Virtuaalisten olioiden älykkyys on perustunut laitevalmistajien kehittämiin algoritmeihin, eikä ne ole olleet kovinkaan joustavia, eikä monipuolisia.

Tutkimuksessa on tarkoitus tuoda PVLOGL:een tietoa tekoälyn luomista mahdollisuuksista virtuaaliolioiden kehittämiseen ja hankkimiseen. Tekoälyn luomien mahdollisuuksien ja olemassa olevan kokemuksen avulla voidaan suunnitella vaatimusmäärittely, jota voidaan käyttää hyväksi hankintoja tehdessä parempien virtuaalisten olioiden saavuttamiseksi. Tutkimuksessa on tarkoitus hankkia tietoa käyttäjien kokemuksista nykytilanteesta, sekä kartoittaa toiveita tulevaisuudesta. Lisäksi tutkimuksessa on tarkoitus etsiä tietoa julkisista lähteistä ja muusta saatavilla olevasta kirjallisuudesta. Tutkimuksen tuloksena syntyy raportti ja vaatimusmäärittely tulevaisuuden kehitystyötä ja hankintoja silmällä pitäen. Kaikki tuotettu materiaali tarkastetaan Puolustusvoimissa ja tallennetaan tietoturvasääntöjen mukaisin menetelmin. Tutkimuksen raportti tulee olemaan julkinen, eikä siihen tule luokiteltua tietoa.

2. Johdanto

Puolustusvoimissa on kehitetty erilaisia simulaattoreita henkilökunnan ja varusmiesten koulutuskäyttöön pitkän aikaa. Aluksi simulaattorit pystyivät tekemään yksinkertaisia asioita, joilla voitiin kouluttaa simuloinnin kohteena olevien välineiden peruskäyttöä, kuten tyyppikoulutusta ja hätätoimenpiteitä. Tietotekniikan ja tietoliikennetekniikan kehittyminen on mahdollistanut simulaattorikoulutuksessa-kin verkottamisen ja isompien kokonaisuuksien rakentamisen.

Verkotetut simulaattoriharjoitukset on mahdollistaneet suurempien skenaarioiden harjoittelun virtuaalisessa ympäristössä. Verkotettu harjoittelu virtuaalimaailmassa on puolestaan mahdollistanut tyyppikoulutuksen ja hätä-/vikatoimenpiteiden koulutuksen lisäksi harjoittelun todellisia operaatioita vastaavien skenaarioiden mukaisesti. Virtuaalimaailmassa toteutettu harjoittelu mahdollistaa sellaisten skenaarioiden harjoittelun, jota ei voida suorittaa todellisessa maailmassa esimerkiksi vihollisen valvonnasta johtuen tai vaikkapa yllääänilentoihin liittyvien rauhajan rajoitusten vuoksi.

Todellisten tuntuisten virtuaalisten skenaarioiden aikaansaamisessa on kuitenkin vielä paljon haasteita. Haasteita liittyy erityyppisten toimijoiden (esim. lento-, valvonta- ja ilmatorjuntasimulaattori) liittämisessä yhteen, erilaisten tietoturvasojen yhteen liittämisessä (hävittäjät ja varusmiehet samassa skenaariossa), virtuaalimaailman toiminta reaaliaikaisen maailman tavoin. Uusimpina haasteina on tullut viime vuosisien aikana LVC-harjoittelu (Live, Virtual, Constructive), jossa verkotetaan reaaliaikaisen maailman toimija, simulaattori ja tietokoneella luotu uhka (olio).

Jotta tulevaisuudessa voitaisiin harjoitella täysipainoisesti, on kaikkia edellä mainittuja komponentteja kehitettävä vastaamaan niille asetettuja vaatimuksia. Eri-tyisesti lentosimulaattoreissa nopeasti kehittyvä LVC-toiminta asettaa virtuaaliolelioille runsaasti lisää haasteita, jotta esimerkiksi aitoa hävittäjää ohjaava lentäjä ei tunnista vastustajaansa virtuaaliseksi olelioksi sen käyttäytymisen perustella. Tunnistaminen virtuaaliseksi olelioksi johtaa siihen, että oppilas oppii nopeasti arvaamaan, miten vastustajaa toimii jatkossa. Vastustajasta tulee näin helppo voitettava, varsinkin jos vastustaja toimii hyvin yksinkertaisin menetelmin.

Lisääntyvä tarve erityyppisten simulaattoreiden verkottamiselle luo myös paineita suunnitella simulaattoreiden virtuaaliset komponentit jo vaatimusmäärittelyn tasolla yhteensopiviksi keskenään, jotta ne palvelisivat verkotettuna halutulla tavalla. Reaaliaikaisessa maailmassa on olemassa rajaton määrä erilaisia ilmiöitä ja niistä on valittava simulaattoreihin koulutuksen ja harjoittelun kannalta oleelliset.

Simulaattoreiden yhdistämistä toisiinsa on tehty jo yli 15 vuotta tietojen siirtämisen tasolla (esim. Hornet-simulaattoreissa High Level Architecture (HLA)), mutta se ei vielä riitä siihen, että simulaattorit toimisivat verkotettuna yhteisten tavoitteiden saavuttamiseen. Aihepiirin laajuuden vuoksi tutkimuksessa keskitytään kuitenkin vain lentokoulutusvälineiden virtuaalisten olelioiden toimintaa.

Julkisia tutkimuksia juuri tähän aiheeseen on todella vähän. Esimerkiksi kansainvälisillä messuilla IITSEC 2109, Orlando FL, melkein kaikki aiheesta esitelmöineet jäsenet kertoivat kehittelevänsä LVC-harjoittelua ja muuta verkotettua toimintaa, mutta valmiita tuotteita heillä oli esillä todella niukasti. Puolustusvoimat on verkottanut esimerkiksi Hornet-simulaattoreita jo vuodesta 2005 lähtien, mutta varsinaisia tutkimuksia asiasta ei ole tehty tukemaan hankintatoimintaa.

Kaupallisten uhkaympäristöjen tuottajilla on yleensä omat versionsa oman valtion sotavoimien tarpeisiin, eikä muilla mailla ole mahdollisuutta ostaa niitä, tai saada edes tietoa niiden kyvyistä. Rahoittaakseen toimintaansa uhkaympäristön valmistajilla on kuitenkin usein ominaisuuksiltaan heikompi versio, jota he voivat myydä muille maille. Tukeutuminen täysin kaupallisiin tuotteisiin rajoittaa siis vieraan valtion kykyä kouluttaa ja harjoitella täysipainoisesti.

3. Tutkimuskohde ja kysymykset

Tutkimuksen kohteensa on Virtuaalisten olioiden käyttäytyminen simulaattoriympäristössä. Olioiden käyttäytyminen nykyisin ja toiveet tulevaisuuden olioiden käyttäytymisestä.

Ollaanko tyytyväisiä nykytilaan?

Halutaanko jatkossakin tukeutua kaupallisiin tuotteisiin, jolloin oma vaikuttaminen tuotteiden sisältöön on vähäistä?

Pitääkö virtuaalisen olion käyttäytyä, kuten inhimillisen ihmisen virheineen kaikkineen, jotta sitä ei tunnistettaisi virtuaaliseksi käyttäytymisen perusteella?

Nähdäänkö, että olioiden tekoälyn kasvattaminen luo parempia koulutusmenetelmiä?

4. Tutkimusasetelma ja -menetelmät

Tutkimusmenetelmänä käytetään kvalitatiivista tutkimusta, jossa keskitytään parantamaan virtuaalisten olioiden laatua toimiessaan simulaattoriympäristössä. Tutkimuksessa haastatellaan alan asiantuntijoita Puolustusvoimissa (LapLsto, SatLsto, KarLsto, PVLOGL) sen mukaan, miten vapaaehtoisia haastateltavia heidän joukostaan löytyy. Heiltä kerätään tietoa nykyisistä ongelmista ja toiveita tulevaisuuden virtuaalisten olioiden käyttäytymisestä. Kenenkään nimeä ei tulla julkaisemaan aineistoihin.

Haastattelujen lisäksi etsitään kirjallisuudesta ja tutkimuksista tekoälyn tuomia mahdollisuuksia ja etsitään sovelluskohteita edellä mainittujen mahdollisuuksien hyväksi käyttämisestä. Lisäksi etsitään tietoa vanhoista tunnetuista teorioista kuten systeemiteoria ja peliteoria jne., josko niistä löytyisi yhtymäkohtia virtuaali maailman kehittämisen pohjalle.

Tutkimuksen tavoitteena on synnyttää vaatimusmäärittely tulevaisuuden virtuaalisten olioiden käyttäytymiselle. Tutkimuksessa keskitytään lentäjäkoulutukseen tarkoitettujen uhkaympäristöjen toimintaan, mutta pyritään rakentamaan vaatimukset siten, että ne olisivat laajennettavissa myös muun tyyppisiin simulaatioihin siltä varalta, että halutaan jatkossa liittää niitä lentosimulaattoriverkotukseen. Kaikki aineisto tarkastetaan Puolustusvoimissa ennen sen julkaisemista. Lisäksi tietoturvaluokiteltu aineisto tallennetaan tietoturvaluokituksen edellyttämällä tavalla.

5. Tutkimusympäristö ja yhteistyökumppanit

Opinnäytetyön ohjaaja oppilaitoksessa, Antti Perttula, Yliopettaja, Tampereen ammattikorkeakoulu.

Opinnäytetyön ohjaaja Puolustusvoimissa/Yhteyshenkilö Puolustusvoimissa, Ins. YAMK Maunu Toiviainen, sektorijohtaja, JÄRJK Simulaattorisectori.

6. Kansainvälisyys ja kansainvälistymissuunnitelma

Tutkimuksessa ei ole kansainvälistä yhteistyötä pois lukien mahdollinen laitetoimittajan haastattelu, jolla pyritään kartoittamaan laitetoimittajan tulevaisuuden suunnitelmia ja ajatuksia tekoälystä, sekä siitä miten he ovat päätyneet nykyisiin ratkaisuihin. Laitetoimittaja Battlespace Simulation inc. on toimittanut Puolustusvoimien lentosimulaattoreille uhkapalvelimia ja heidän kanssaan on tehty viankorjaamiseen ja kehittämiseen liittyvää yhteistoimintaa jo aikaisemmin. Muutakin tiedonhankintaa voidaan tehdä, mikäli hyviä kontakteja.

7. Tutkimuksen aikataulu

Haastattelut ja tietoaineiston koonti Q4/2020 ja Q1/2021.

Analysointi ja opinnäytetyön kirjoittaminen Q2/2021.

Käsikirjoituksen valmistelu Q2/2021.

Työn valmistelu, tarkastukset ja korjaukset Q3/2021.

Simulaattorisectorilla olevan henkilövajauksen vuoksi tutkimuslupaa anotaan vuoden 2021 loppuun saakka, koska työkiireet voivat rajoittaa opinnäytetyön suorittamista.

8. Kustannukset ja rahoitus

Tutkimus on osittain virkatyötä, koska tutkimuksen aihe kuuluu normaalin tehtävän piiriin. Opinnäytetyöhön tehtävä raportointi suoritetaan omalla ajalla. Tutkimuksesta ei täten tule kustannuksia Puolustusvoimille.

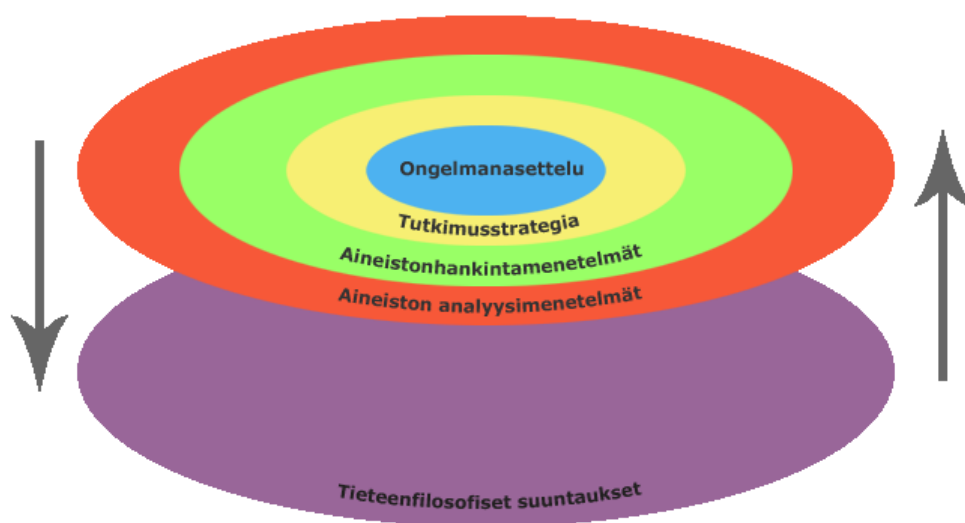
9. Lähdeluettelo

- Lähdeluettelo ei vielä ole, koska tutkimusta ei saa aloittaa ennen tutkimuslupaa.

3 TUTKIMUSSTRATEGIA JA MENETELMÄT

Tässä kappaleessa kuvataan tutkimusstrategia ja käytetyt menetelmät, sekä perustellaan niiden valinta. Tutkimusstrategian ja menetelmien valinnassa sovelletaan Jyväskylän Yliopiston internetissä julkaisemaa Menetelmäpolkua, joka on tehty opiskelijoiden tueksi opinnäytetöitä tehdessä. Menetelmäpolku löytyy osoitteesta <https://koppa.jyu.fi/avoimet/hum/menetelmapolkuja/menetelmapolku>.

Tässä kappaleessa olevat kuvat 1. – 5. ovat kuvakaappauksia samoilta sivuilta ja ne on tuotu tähän opinnäytetyöhön (tutkimukseen) esittämään huomioitujen strategioiden ja menetelmien joukkoa, joista on valittu tähän tutkimukseen sopivimmat. Kuva 1. esittää menetelmäpolkua, jonka mukaisesti tehtiin aluksi ongelman asettelu siten, että se vastaa tutkimuskysymystä. Sen jälkeen edettiin valitsemalla tutkimusstrategia, päätettiin aineistonhankintamenetelmät ja aineiston analyysimenetelmät. Työn edetessä ja tiedon lisääntyessä kyseisiä valintoja ja perusteluita tarkennettiin vielä jälkeen päin.



Kuva 1. Menetelmäpolku (Menetelmäpolku, 2021)

3.1 Ongelman asettelu

Tutkimusongelman asetteluun vaikutti ensisijaisesti käytössä ollut simulaattori-koulutusvälineissä ollut osittain vanhentunut tekniikka, sekä ajan saatossa lisääntyneet vaatimukset. Vanhentuminen on aiheutunut lentosimulaattoreiden pitkästä elinkaaresta, joka seuraa simuloitavan lentokoneen elinkaarta. Lentokoneille ja -simulaattoreille tehdään elinkaaripäivityksiä tekniikan uudistamiseksi, mutta kaikkia järjestelmiä ne ei koske. Tämän vuoksi esimerkiksi tutkimuksen kohteena oleva uhkaympäristö pohjautuu 80-luvulla olleeseen tietotekniikkaan, jolloin ei tiedetty, miten tehokkaita tietokoneita tullaan käyttämään 2020 -luvulla. Samalla kun tekniikka on alkanut käydä vanhaksi, on simulaattoreiden vaatimukset kasvaneet vuosi vuodelta ja tulevaisuudessa LVC-harjoittelun myötä vaatimukset kasvaa edelleen.

Tutkimuksen kohteena oleva tekoäly on ollut tiedemiesten ja matemaatikkojen tiedossa paljon pidempäänkin, mutta vasta näinä vuosina kyseiset toiminnot alkavat saada jalansijaa erilaisissa tietokonesovelluksissa, koska uudempien tietokoneiden tehot riittävät paremmin tekoälysovelluksiin. Näköpiirissä on, että tietokoneiden tehot kasvavat edelleen ja sen myötä myös tekoälyn hyödyntäminen kasvaa. Lähtökohta itse tutkimusaiheelle oli allekirjoittaneen pitkä kokemus algoritmeista ja lentosimulaattoreista (yli 20 vuotta), mutta ei toisaalta mitään aikaisempaa tietoa tekoälystä. Edellisestä johtuen tutkimus koskee kaikkea mahdollisesti löytyvää tekoälytietoa, jota voitaisiin hyödyntää konstruktiivisen lentokoneen ohjaajan (agentti) ohjelmointiin. Tutkimus rajataan koskemaan sellaista aineistoa, jonka uskotaan olevan käyttökelpoinen uhkaympäristössä olevan agentin ohjelmointiin.

Kiinnostuksen kohteeksi nousi kysymys, että minkälaisia tekniikoita muilla tekoälyä käyttävillä toimialoilla on ja voidaanko niitä soveltaa lentokonesimulaattorin kehitykseen. Lisäksi selviteltiin, että löytyykö simulaattoritoimialan sisältä tietoa siitä, miten paljon tekoälyä on hyödynnetty. Näistä kaikista edellä mainituista seikoista nousi esiin kysymys, joka kuuluu seuraavasti: Voidaanko tekoälyä hyödyntää uhkaympäristössä käytettävän agentin ohjelmoinnissa? Jos voidaan, niin mitä tekoälytekniikoita kannattaisi tutkia perusteellisemmin mahdollisissa jatkotutkimuksissa?

3.2 Tutkimusstrategia

Tutkimusstrategiaksi valittiin kvalitatiivinen (laadullinen) strategia, koska numeerista aineistoa ei tähän aihepiiriin ole saatavilla juuri ollenkaan. Laadullisessa tutkimuksessa pyritään kuvaamaan ilmiön laatua, ominaisuuksia ja merkitystä enimmäkseen ajatuksien ja käsitteiden avulla. Laadullinen tutkimus on painottunut ihmistieteiden tutkimiseen, joten siinä mielessä se on vähän epäilyksiä herättävä valinta tähän työhön. Kuitenkin tämä tutkimus on tavallaan ihmisyyden tavoittelemista, koska täydellisesti onnistunut tekoälyllä tuotettu agentti olisi periaatteessa sama asia kuin ihminen, joka ohjaa lentokonetta. Laadullisen tutkimuksen sijoittuminen erilaisten tutkimusstrategioiden joukossa on esitetty kuvassa 2.

Laadullisen tutkimuksen ominaispiirteitä tässä tutkimuksessa, ovat monimutkaisuuden sietokyky, tutkijan paikan reflektointi ja Kvalitatiivisen aineiston suosiminen. Monimutkaisuuden sietokyky joutui koetukselle, koska tekoälymaailma olikin huomattavasti laajempi käsite, mitä aluksi oli hahmotettu. Tutkijan paikka oli olennainen aiheen valinnassa liittyen tutkija työtehtäviin sekä nykyisissä, että tulevaisissa työtehtävissä. Samoin aiempi tietotaito painotti vahvasti etsimään uutta tekniikkaa.



Kuva 2. Tutkimusstrategiat (Tutkimusstrategiat, 2021)

3.3 Tutkimusaineiston hankintamenetelmät

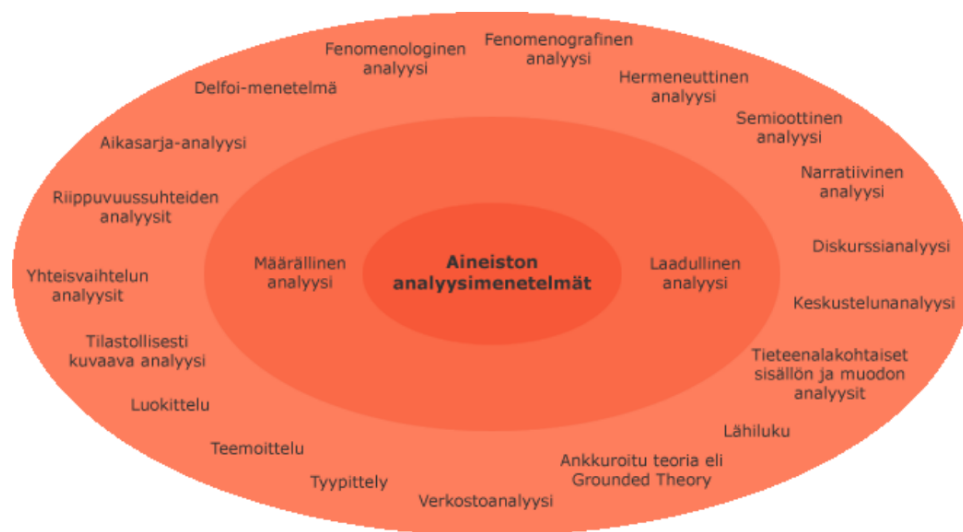
Tutkimusaineisto tuotettiin käyttäen valmiita dokumentteja, joita etsittiin Internet-hakujen avulla, sekä Tampereen Yliopiston kirjastosta. Käytössä oli myös allekirjoittaneen aikaisempi kokemus ja tietotaito ongelman kohteesta. Tämän tietotaidon kasvattaminen on samalla yksi tutkimuksen tärkeimmistä tavoitteista. Tutkimuksen aineisto on valittu harkinnan varaisesti ja intuitiolla siten, että lähteinä on käytetty tunnettuja aineiston tuottajia uskoen siihen, että isot ja tunnetut toimijat vastaavat julkaisemistaan tiedoista maineellaan ja taloudellisella menestyksellään. Edellisen aineiston lisäksi tutkimukseen hyväksyttiin tarkastettuja ja hyväksytyjä tutkimuksia, joita tuottaa lähinnä tiedeyhteisöt, kuten yliopistot ja korkeakoulut. Tietoa etsittiin myös keskusteluryhmistäkin, mutta lähinnä sellaisia tietoja, josta saa johtolankoja edellä mainittujen toimijoiden dokumentteihin. Epäolennaiselta vaikuttanut aineisto hylättiin jo tässä vaiheessa. Hylkääminen tapahtui aikaisempaan kokemukseen ja osaamiseen perustuen arvioiden aineiston hyötyä vastauksen aikaansaamiseksi tutkimuskysymykseen. Aineiston määräksi arvioitiin sellainen määrä aineistoa, kuin se on järkevää suunnitellun aikataulun puitteissa käydä läpi, mutta saadaan kuitenkin kattava tutkimus kyseisestä aiheesta. Kuvassa 3. on esitetty erilaisia aineistohankintamenetelmiä. Tässä tutkimuksessa on käytetty lähinnä valmiita tuotettuja dokumentteja, arkistoja sekä kokoelmia.



Kuva 3. Aineistohankintamenetelmät (Aineistohankintamenetelmät, 2021)

3.4 Aineiston analyysimenetelmä

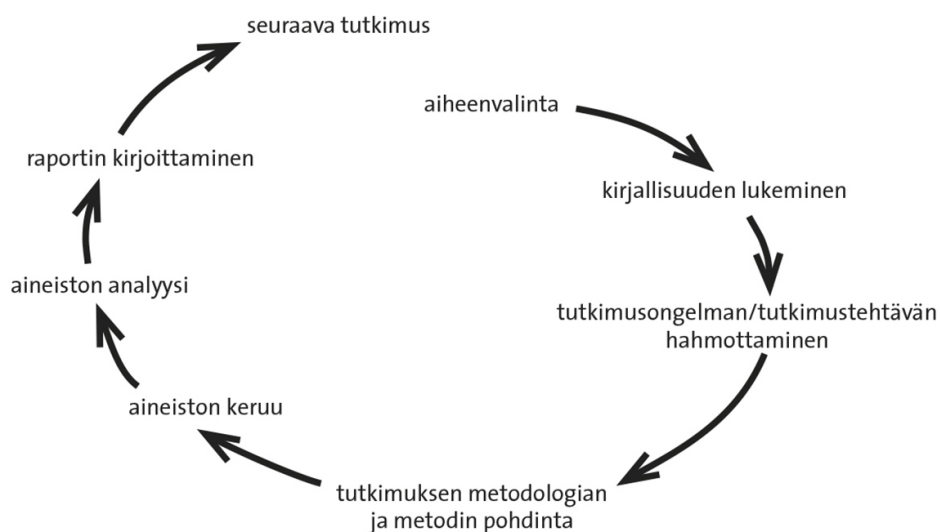
Aineiston analyysimenetelmänä käytettiin Jyväskylän yliopiston Menetelmäpolkuja humanisteille – verkkosivulta löytynyttä kaaviota Aineiston analyysimenetelmistä (Kuva 4.), jota tarkennettiin Tuomen ja Sarajärven kirjassa esitellyllä Sisälön analyysillä (Tuomi & Sarajärvi, 78). Analysoitava aineisto pohjautuu aineiston keruuvaiheessa valikoituneeseen materiaaliin, joka on valittu tutkimuskysymyksen ja tutkijan aikaisemman kokemuksen perusteella. Analyysi itsesään toteutettiin käymällä läpi kaikki tutkimusraporttiin valittu aineisto tutkimalla sen mahdollisuuksia tuottaa tietoa, jolla voidaan lopuksi antaa vastaus tutkimuskysymykseen. Varsinainen vastaus tutkimuskysymykseen löytyy Johtopäätökset-kappaleesta. Lisäksi Pohdinta-kappaleessa kerrotaan muusta analyysin aikana ja koko tutkimuksen aikana esiin nousseista asioista.



Kuva 4. Aineiston analyysimenetelmät (Aineiston analyysimenetelmät, 2021)

3.5 Tutkimusprosessi

Tutkimuksen etenemisessä käytettiin kuvassa 5. olevaa spiraalia osoittamaan tutkimusprosessia. Teoriassa tutkimusprosessin tulisi edetä vaihe vaiheelta eteenpäin, kuten kuvassa 5. olevat nuolet osoittavat, mutta käytännössä tutkimuksen aikana jouduttiin palaamaan useita kertoja taaksepäin sitä mukaa, kun uutta tietoa alkoi kertyä ja aiemmin tehdyt väärät kuvitelmat (esimerkiksi, mitä sanalla ”tekoäly” todella tarkoitetaan) aiheesta alkoivat muuttua oikeiksi. Toisaalta laadullinen tutkimus sallii tämän paremmin kuin määrällinen tutkimus, eikä tutkimuksen alussa ollut käytettävissä aikaisempaa tutkimusta, jonka perusteella määrittelyä olisi osattu tehdä tarkemmin ja paremmin. Jyväskylän Yliopiston Menetelmäpolkuja humanisteille -ohjeistus sallii tämän mainiten muun muassa ”Tutkimussuunnitelma ohjaa tutkimuksen etenemistä ja se voi tarkentua tai jopa muuttua tutkimusprosessin kuluessa” (Tutkimusprosessi, 2021). Koska tutkimuksen aihe valikoitui pitkälti tutkimuksen tekijän aikaisemman työtehtävän mukaan, siitä oli runsaasti käytännön kokemuksia, sekä selkeä visio, mihin suutaan kyseistä aihetta tulisi kehittää. Itse tekoälystä ei ollut mitään alkutietoa, joten aiheen valinta oli hyppäämistä täysin uuteen maailmaan, josta kyllä varoiteltiin tutkimukseen liittyvässä ohjeistuksessa lähinnä sen vuoksi, että riski aikataulussa pysymisestä tulee olemaan huomattava. Tämä riski huomioiden aihe kuitenkin valittiin, koska se on erityisen ajankohtainen tulevaisuudessa.



Kuva 5. Tutkimusprosessi (Tuomi & Sarajärvi, 131)

3.6 Tutkimusraportin rakenne

Tämä tutkimusraportti etenee siten, että tiivistelmän ja Johdannon jälkeen Kappaleessa 3. esitellään nykytilannetta ja esitellään Ilmavoimien käytössä olevat lentokoulutukseen käytettävät simulaattorit. Simulaattorit on esitelty tietoturvasyistä hyvin yleisellä tasolla, mutta kuitenkin riittävästi siten, että tutkimuksen kiinnostuksen kohteena olevan uhkaympäristön tarkoitus simulaattorimaailmassa selviää.

Kappale 4. on tarkoitettu uuden aineiston ja käsitteiden esittelyyn. Kappaleessa pyritään selvittämään tekoälyn ero perinteiseen tapaan tuottaa ohjelmistoja, esitellään keskeisempiä termejä ja tekniikoita, joita voisi käyttää tutkimuksen kohteena olevaan uhkaympäristön agentin tuottamiseen. Samassa kappaleessa haetaan perusteita myös tekoälyprojektin kannattavuuden arviointiin.

Kappaleessa 5 esitellään maailmalla käytössä olevia tekoälysovelluksia, joista voitaisiin oppia uusia asioita suunniteltaessa omia sovelluksia lentokoulutusvälineisiin. Samalla esitellään myös, miten paljon tekoälyä on maailmalla hyödynnetty ja minkälaisia kehitysprojekteja on meneillään. Kehitysprojekteista ei tarkkoja tietoja ole odotettavissa, mutta esimerkiksi valtioiden ja isojen organisaatioiden kehitysrahoituksesta saa vinkkiä, siitä mitä ollaan suunnittelemassa ja mihin päin ollaan menossa. Samoin isot organisaatiot mainostavat mielellään valmiita tuotteita asiakkaiden mielenkiinnon saavuttamiseksi. Näistä tiedoista voidaan päätellä, mitä kaikkea tekoälyllä on jo saatu aikaiseksi.

Kappaleen 6. on tarkoitus olla saavutetun tiedon kokoamista tutkimuksen kohteena olevan tekoälymenetelmin kehitetyn agentin tuottamiseen. Valmiita vastauksia tähän ei ole annettu, mutta on kerätty tarvittavat kysymykset, mihin tekoälyprojektissa tulisi etsiä vastaukset. Samalla voidaan arvioida tekoälyn soveltuvuutta kyseiseen tarkoitukseen ja tehdä kustannusarvio projektin aloittamiseen, sekä päättää tekoälyprojektin kannattavuudesta.

Johtopäätökset tutkimuksesta on kirjattu kappaleeseen 7, samoin kuin pohdinta koko tutkimuksesta.

4 SIMULAATTORIJÄRJESTELMÄ

Tässä kappaleessa kerrotaan tähän tutkimukseen liittyvistä nykyisistä olemassa olevista lentokoulutukseen käytettävistä simulaattoreista ja niiden tarkoituksesta. Kappaleen sisältö on samalla tutkimuksen lähtötilanne.

Lentosimulaattorilla mallinnetaan simuloitavaa kohdetta, kuten jotain lentokoneen ominaisuuksia, joita tarvitaan lentämiseen. Simulaattoria sanotaan joskus peliksi, mutta tässä tutkimuksessa simulaattori ja peli ovat eri asioita. Simulaattori toimii, kuten sillä simuloitavan kohteen tulee toimia. Lentosimulaattoreissa tämä tarkoittaa esimerkiksi sitä, että simulaattorissa on mallinnettu jopa samat ohjelmistoviat, mitä simuloitavassa lentokoneessakin on. Lentosimulaattoreiden ohjaamon tulee olla mahdollisimman saman tuntuinen, kuin simuloitavassa lentokoneessa, jotta lentäminen simulaattorilla ja oikealla koneella tuntuisi samalta. Lentosimulaattoreissa käytetään usein aitoja lentokonelaitteita, jotta kaikki tuntuisi autenttiselta. Samasta syystä simulaattoreissa käytetään myös lentokoneiden näyttölaitteita, jotta asiat näyttäisivät mahdollisimman samanlaisilta. Hyvä lentosimulaattori on sellainen, jossa lentäjä luulee mahdollisimman paljon lentävänsä oikeaa lentokonetta.

Simulaattorit on verkotettu keskenään, jotta lentäjät voivat harjoitella lentämistä toistensa kanssa kuten se tapahtuisi aidossa ympäristössä ilmassa. Sotilaskäyttöön suunnitelluissa lentosimulaattoreissa on vielä edellisten ominaisuuksien lisäksi olemassa uhkaympäristö, jolla voidaan kuvata vihollisen toimintaa ilmassa ja maassa ja näitä vihollisia vastaan voidaan harjoitella taistelemista yksin tai yhdessä omien joukkojen kanssa. Uhkaympäristö on tämän tutkimuksen keskiössä ja se on esitelty myöhemmin tässä raportissa.

4.1 Simulaattoreiden tarkoitus ja tehtävät

Simulaattoreiden tarkoitus on luoda virtuaalisesti mahdollisimman aidon oloiset olosuhteet mallintamaan todellista maailmaa. Tarkoitus ei ole kuitenkaan luoda kaikkea mahdollista vastaamaan oikeaa maailmaa, vaan niitä ominaisuuksia, jotka palvelevat kyseisen simulaattorin käyttötarvetta, yleensä koulutusvaatimuksia. Jos simulaattoriin mallinnettaisiin kaikki mahdollinen, niin niistä tulisi mielettömän kalliita, eikä lisärahalta hankituille turhille ominaisuuksille olisi mitään perustetta.

4.2 Lentosimulaattorit

Lentosimulaattoreiden pääasiallinen tarkoitus on luoda lentäjälle mahdollisimman aidon oloinen oppimisympäristö, jotta lento-oppilaalle voidaan kouluttaa tarvittavat tiedot ja taidot ennen siirtymistä oikeaan lentokoneeseen. Lentosimulaattoreita on valmistettu hyvin pitkään ja niitä käytetään yleisesti joka puolella maailmaa. Tässä tutkimuksessa otetaan huomioon ainoastaan Suomen Ilmavoimien käytössä olevat simulaattorit. Tietoturvasyistä simulaattoreita ei voi esitellä tässä opinnäytetyössä kovin yksityiskohtaisesti, joten asiat pidetään yleisellä tasolla.

4.2.1 Grob

Alkeiskoulutuskoneen lentokoulutus hoidetaan Grob (GO) simulaattoreilla varusmieskoulutusvaiheessa. Noin puolen vuoden varusmiespalveluksen jälkeen varusmiehet siirtyvät lentopalvelukseen, missä heidät koulutetaan reservin sotilaslentäjäksi (Kiinnostaako lentäjän... 2020).

4.2.2 Hawk

Hawk simulaattoreilla hoidetaan harjoitushävittäjäkoulutus kadettikoulutusvaiheessa. Tähän vaiheeseen sisältyy jo runsaasti peruslentämisen lisäksi taistelukoulutusta.

”Ilmasotakoulun Hävittäjälentolaivue 41:n ohjaajaoppilaat lentävät nykyään harjoituslentoja verkon kautta toisiinsa yhdistetyillä lentosimulaattoreilla. Lähitulevaisuudessa simulaattorissa näkyvä siipimies voi olla myös oikea, samaa harjoitusta ilmassa suorittava lentokone.” (Hawkit lentävät ... 2018)

Yllä olevan mukaisesti Hawk-lentosimulaattorit on verkotettu myös oikeiden lentokoneiden kanssa samaan verkkoon, jotta lentokoulutus voidaan viedä mahdollisimman pitkälle tässä koulutusvaiheessa.

4.2.3 Hornet

Hornet simulaattoreilla koulutetaan tyyppi-, hätätoimenpide-, ilmatankkaus ja taistelukoulutus. Simulaattorit ovat verkotettuja keskenään ja ne voidaan verkottaa tulevaisuudessa myös oikeiden lentokoneiden kanssa. Varsinainen peruslentäminen on opittu GO- ja Hawk -simulaattoreilla ennen siirtymistä Hornet-koulutukseen.

Boeing julkaisi vuonna 2009, että se on toimittanut Suomeen F-18 (Weapons Tactics and Situational Awareness Training Systems) simulaattoreihin ilmatankkauskyvyn ja että simulaattorit voidaan verkottaa keskenään, jolloin ne voivat lentää samassa virtuaalisessa maailmassa. Samat ominaisuudet toimitettiin myös kolmeen tehtävänpurkulaitteeseen (Debrief Stations), sekä aiemmin vuonna 2007 toimitettuihin taktisen harjoittelun simulaattoriin (Deployable Tactics Trainers). Kaikkia laitteita voidaan käyttää tämän päivityksen jälkeen verkotettuna. (Boeing, 2009).

Edellä oleva siis osoittaa, että Suomessa on harjoiteltu simulaattoreiden verkotusta ja käyttöä verkotettuna yli 10 vuoden ajan. Seuraavat askeleet verkotuksessa ja harjoittelussa on liittää oikeat lentokoneet mukaan samaan verkkoon, kuten edellä Hawk-simulaattoreiden yhteydessä on kerrottu.

4.3 Uhkaympäristö

Uhkaympäristöllä tarkoitetaan tässä tutkimuksessa lentokonesimulaattoreiden yhteydessä käytettävää ohjelmistoa (palvelinta), joka tuottaa virtuaaliseen maailmaan olioita. Uhkaympäristöjä voidaan yhtä hyvin käyttää minkä tahansa simulaattorin yhteydessä uhkien luomiseen ja esimerkiksi liikennesimulaattorissa uhkaympäristöllä voitaisiin luoda virtuaalisia autoja ajamaan maanteitä pitkin. Uhkaympäristöillä mallinnetaan olioiden lisäksi muun muassa signaaliympäristöä, radioliikennettä, maaston pinnan muotoja jne. Olioita voidaan mallintaa toimimaan sekä omalla-, että vihollisen puolella. Olioihin voidaan liittää aseita, sensoreita, häirintä- ja muita vastaavia laitteita, mitä oikeassakin elämässä käytetään. Uhkaympäristö liitetään samaan verkkoon (virtuaalimaailmaan) simulaattorin kanssa, jolloin simulaattorin sensoreilla tai visuaalilla voidaan nähdä tuotettu uhka sellaisena, kuin se näkyisi oikeassakin maailmassa. Vastaavasti uhkaympäristöllä tuotettu olio näkee muut verkossa olevat entityt (oliot), kuten se näkisi ne oikeastikin.

Uhkaympäristöjä on olemassa julkisia, joita voi hankkia kaikki halukkaat, sekä (yleensä) valtioiden sotavoimien käyttöön suunniteltuja, joista ei anneta tietoa ulkopuolisille. Yleensä parhaat ja kehittyneemmät versiot uhkaympäristöistä ovatkin vain kehittäjään omassa käytössä ja ulkomaille myyntiin tarvitaan valtioiden välinen sopimus.

Eräs Suomen Ilmavoimien käyttämä kaupallinen uhkaympäristö on Battlespace Simulation Incorporation:in toimittama Modern Air Combat Environment (MACE), joka on yksi edistyneisimpiä kaupallisesti saatavilla olevia uhkaympäristöjä (Battlespace Simulation inc. 2017).

4.3.1 Agentin rooli uhkaympäristössä

Agentilla tarkoitetaan tässä tutkimuksessa ohjelmallisesti tietokoneella toteutettua konstruktiivisen entityn (tietokoneella tuotettu lentokone, auto, panssari-vaunu, jne) ohjaajaa, joka ohjaa lentokonetta oikeassa lentokoneessa olevan ohjaajan tavoin. Agentti -nimitystä käytetään nykyisin yleisesti myös esimerkiksi itseajavissa autoissa, joissa automaattisen ajon aikana ajatellaan, että autoa ohjaa tietokoneella tuotettu agentti ihmiskuljettajan sijasta.

Uhkaympäristössä agentti on tähän mennessä luotu siten, että se osaa lentää haluttuun suuntaan ja tehdä tiettyjä haluttuja toimintoja (ampua, etsiä vihollista, lentää annettua reittiä, jne) algoritmiin tai skriptiin tehdyn ohjelman mukaisesti. Yleensä agenttia ei ole kuitenkaan ohjelmoitu omaksi yksiköksi tai ohjelmaksi, vaan se on sulautettu osaksi entityä. Entityyn sulauttaminen tässä tarkoittaa, että agentti on ohjelmoitu osaksi entityä ja sille voidaan antaa käyttäjän toimesta parametrejä, kuten agentin kyky nähdä jonkun tietyn matkan etäisyydelle saakka, tai sille voidaan esimerkiksi kertoa, kuinka taitava se on. Näin entity (esimerkiksi lentokoneolio) saadaan näyttämään ulospäin, kuin sen sisällä olisi joku ohjaamassa.

Perinteisellä käskylistaohjelmoinnilla on hyvin vaikeaa saada aikaiseksi hyvää logiikkaa agentin käyttäytymiseen, koska tilanteet vaihtelevat ja on mahdotonta tietää ja ohjelmoida kaikki mahdolliset tilanteet etukäteen. Toki kaikki mahdollinen voitaisiin tietysti hoitaa perinteisin menetelmin, mutta sillä tavalla ohjelmista tulisi pitkiä ja monimutkaisia. Jos halutaan tehdä muutoksia agentin käyttäytymiseen, niin se vaatisi ohjelmakoodin uudelleen kirjoittamista tai vanhan muokkaamista, joka on hidasta, työlästä ja kallista.

Tähän ongelmaan voisi löytyä ratkaisu tekoälyn tuomista ominaisuuksista, joissa agentti voisi muistaa aikaisemmat tapaukset ja oppia toimimaan paremmin seuraavalla kerralla tallennetun data avulla. Parhaimmassa tapauksessa tekoälyllä tuotettu agentti voisi oppia jopa taistelemalla toisia agentteja vastaan virtuaali-maailmassa ja sitä kautta tuoda uusia ajatuksia taistelutekniikan kehittämiseen. Tällaiset haaveet voivat olla tällä hetkellä enemmän tieteiskirjallisuutta, mutta ala kehittyy nopeaa vauhtia.

4.4 Nykyiset toimintamallit

Tähän mennessä tutkimuksen kohteena olevissa julkisissa uhkaympäristösovelluksissa on lähes poikkeuksetta tyydytty toteuttamaan agentti pelkästään käskylistaohjelmoinnilla siten, että loppukäyttäjälle annetaan mahdollisuus jonkin yksinkertaisen algoritmin tai scriptin ohjelmointiin. Oppivat järjestelmät eivät ole olleet tähän mennessä vielä saatavilla, eikä niiden kehitykseen ole aikaisemmin panostettu.

4.4.1 Puutteita nykyisissä ympäristöissä

Seuraavassa pari esimerkkiä nykyisten käskylistalla ohjelmoitujen uhkaympäristöjen heikkouksista. Sovellukset on yleensä ohjelmoitu siten, että kun toinen entity on tietyn etäisyyden sisäpuolella, niin se tunnistetaan viholliseksi tai ystäväksi riippuen siitä, kummaksi se on ohjelmassa määritetty. Varsinainen tunnistaminen jää tuolloin tekemättä ja tunnistamiseen sisältyvät vaikeudet eivät tule huomioituksi. Reaalimaailmassa tunnistaminen perustuu sensoreiden- ja ihmisen havaintoihin tai siihen kehitetyn tunnistusjärjestelmän avulla, jolloin entityt lähettävät toisille samalla puolen taisteleville tiedon itsestään. Uhkaympäristöissä yleensä jopa pilvien vaikutus on jätetty huomiotta, vaikka se on hyvin oleellinen asia, että voiko toisen entityn nähdä paljain silmin vai tarvitaanko sensoreita – ja miten kaukaa voidaan nähdä.

Toisena esimerkkinä voidaan mainita perinteisin menetelmin ohjelmoidut konstruktiviset entityt, jotka lentävät tyypillisesti yhtä taidokkaasti riippumatta säästä, korkeudesta, vuorokaudenajasta jne. Reaalimaailmassa lentokoneen ohjaaja joutuu keskittymään lentämiseen tietyissä olosuhteissa enemmän kuin toisissa. Esimerkiksi pimeään vuorokauden aikaan matalalla lentäminen vie luonnollisesti huomattavan määrän ohjaajan huomiokyvystä itse lentämiseen, kun taas valoisaan aikaan voidaan keskittyä vaikkapa vihollisen etsintään.

Voitaisiinko tekoälyn avulla tuoda parannusta edellä mainittuihin ominaisuuksiin?

4.4.2 Tulevaisuuden Live Virtual Constructive LVC

Live, Virtual & Constructive (LVC) tarkoittaa ihmisten ohjaamien reaali maailman entityjen (Live), simulaattoreilla tuotettujen virtuaalisten jäsenten (Virtual) ja tietokoneilla tuotettujen entityjen (Constructive) liittämistä samaan verkkoon.

Live-komponentti (L) tarkoittaa reaali maailmassa olevia lentokoneita, autoja, panssarivaunuja ja kaikkea muita fyysisiä entityjä. Virtual-komponentti (V) tarkoittaa puolestaan ihmisen käyttämää simulaattoria, joka näkyy muille jäsenille samalla tavalla, kuin Live-komponentti. Constructive-komponentilla (C) tarkoitetaan tietokoneella tuotettua entityä (olio), johon on ohjelmallisesti tehty sekä entity, että ohjaaja (agentti) ja joka pyrkii mallintamaan Live-komponenttia (L). Täydellinen LVC-toiminta olisi sellainen, että mikään noista komponenteista ei tietäisi esim. käyttäytymisen perusteella toisista komponenteista, että ovatko ne L-, V- vai C komponentteja.

Tulevaisuudessa suuri osa Ilmavoimien koulutuksesta aiotaan toteuttaa LVC-ympäristöä hyödyntämällä, jotta vältetään resursseja vaativien toimijoiden tuottamisesta jokapäiväistä koulutusta varten. LVC:tä hyödyntämällä voidaan esimerkiksi lentäjä kouluttaa valmiimmaksi jo ennen lentoa ja täten lentotunneista saadaan parempi hyöty aikaiseksi. Eräs LVC:n etu on harjoitella verkotetussa ympäristössä sellaisia harjoituksia, joita ei ole mahdollista harjoitella reaali maailmassa. Ilmavoimien tavoitteena on, että 2030-luvulla suurin osa lentokoulutuksesta toteutetaan LVC-toiminnallisuuksia hyödyntäen. (Suominen 2021)

”Liitettävyydessä ja laajennettavuudessa on huomioitava myös kehittyvät ja jopa vielä tunnistamattomat teknologiat” (Suominen 2021). Edellä mainittu sitaatti sopii erinomaisesti tähän tutkimukseen, koska tällä tutkimuksella pyritään näkemään tulevaisuuteen ja hahmottamaan mainittuja tulevaisuuden tekniikoita.

Toisin sanoen LVC:n merkitys Ilmavoimien lentokoulutusjärjestelmässä kasvaa tulevaisuudessa erittäin paljon. Jotta C-komponentti voi kehittyä mahdollisimman hyväksi, tekoäly tulee olemaan siinä keskeinen tekijä. LVC-harjoittelun etuja ovat polttoainesäästöt, harjoittelu vihollisen valvonnan ulkopuolella (tietoverkossa) ja harjoittelu rauhan aikana sodan ajan säännöillä huomioiden, että rauhan aikana lentokoneet lentävät kuitenkin omilla harjoitusalueilla, eivätkä voi esimerkiksi rikkoa äänivallia missä tahansa. Jotta uhkaympäristöjen ominaisuudet vastaisivat tulevaisuudessa LVC-harjoittelun tuomiin vaatimuksiin, on uhkaympäristöjä kyettävä kehittämään entisestään.

5 TEKOÄLY

Tässä kappaleessa esitellään löydettyä aineistoa, joka toimii samana tutkimuksen keskeisenä tietopankkina ja jossa määritellään erilaisia tekoälyyn liittyviä käsitteitä. Aiheet on teemoitettu omiin ryhmiin sisällönanalyysimenetelmän mukaisesti.

Tekoäly ei itsessään ole sen ihmeellisempää, kuin raakaa matematiikkaa, vektoreineen, matriiseineen, derivointeineen, sekä tilastotiedettä ja ohjelmointia. Tekoälyyn voidaan siis soveltaa kaikkea mahdollista matematiikkaa, mitä vaan saadaan muutettua ohjelmakoodiksi. Tekoälystä tekee tekoälyn pelkästään tietokoneen nopeus suorittaa laskutoimituksia suurella nopeudella moniulotteisessa maailmassa. Ihmisen on vaikea ymmärtää kolmiulotteista avaruutta suurempia käsitteitä. Koneelle useat ulottuvuudet eivät ole ongelma, mutta ongelmaksi muodostuu kuitenkin syöttää nämä monimutkaiset matemaattiset kaavat ohjelmakoodin muodossa tietokoneelle. (Kananen & Puolitaival 2019, 27)

Yllä oleva kappale selventää hyvin tekoälyn todellisen luonteen, eli samaa vanhaa matematiikkaa, kuin ennenkin, syötettynä tietokoneelle, kuin ennenkin. Nyt maailma on vain muuttunut niin, että tietokoneiden grafiikkakorttien nopean kehityksen myötä on opittu rakentamaan aikaisempaa nopeampia tietokoneita, joissa laskenta on siirtynyt tietokoneen keskusprosessorilta (CPU) grafiikkakortille (GPU). Tämä laskentatehon kasvu on mahdollistanut entistä vaikeampien ja työläämpien matemaattisten laskutoimituksien ratkaisemiseksi tietokoneella nopeasti.

Huomattakoon tässä vaiheessa, että tekoälyn vastaukset voitaisiin edelleen laskea kynällä ja paperilla, kuten aina ennenkin. Aikaa kynä-paperi-menetelmällä saattaisi vaan kulua yhdeltä matemaatikolta kymmeniä tuhansia vuosia, verrattuna tekoälysovellukseen nykyaikaisessa tietokoneessa, joka ratkaisisi saman tehtävän sekunnin murto-osassa.

Teknisesti tekoälyn ohjelmointi vaatii tekijältään ainakin ohjelmointiosaamista, matematiikan osaamista, algoritmien tuntemista ja data-arkkitehtuuriymmärrystä (Kananen & Puolitaival 2019, 56). Toisin sanoen tietotaitoaikin tarvitaan aikaisempaa enemmän tekoälysovelluksen toteuttamiseen. Enää ei riitä pelkästään rohkea ohjelmoija, joka suunnittelee päässään koko ohjelman ja koodaa sen. Tarvitaan monen eri alan osaajia, jotka osaavat yhdistää taitonsa yhteiseen projektiin ja saada sitä kautta toimivaa tekoälytuotetta aikaiseksi.

5.1 Tekoäly terminä yleisesti

Tekoäly (Artificial Intelligence, AI) koostuu useasta eri menetelmästä ja tekniikasta, joista pitää valita tarkoitukseen sopivimmat riippuen halutuista tavoitteista. Tekoälyllä on yleiskielessä monta samaa tarkoittavaa nimeä, kuten keinoäly, koneäly, koneoppiminen ja syväoppiminen, jotka vaihtavat vähän merkitystä ongelmasta riippuen. (Kananen & Puolitaival 2019, 27)

Tekoäly terminä on siis varsin harhaanjohtava ja turhia toiveita luova. Se on luultavasti saanut alkunsa markkinointimielessä, jotta aiheelle löydettäisiin myyvä nimi. Sana ”teko” viittaa yleensä johonkin konkreettiseen kädessä pideltävään esineeseen (tekohampaat, ei keinohampaat). Myöhemmin tässä tutkimuksessa käy ilmi, että ”äly”-sanallakaan ei ole oikeastaan mitään tekemistä tämän aiheen kanssa, jos, ja kun älykkyytenä pidetään ihmisten ja miksei eläimienkin kykyä ajatella, oppia ja yhdistellä asioita toisiinsa ilman ennalta suunniteltua ohjelmaa, ihan itsenäisesti. Tekoälyä parempi ja kuvaavampi sana tästä aiheesta on ”koneoppiminen”, joka kuvastaa aihetta huomattavasti paremmin ja sitä käytetäänkin yleisesti. Tässä tutkimuksessa käytetään kuitenkin myös tekoäly-sanaa, koska sitä on käytetty lähes kaikkialla muuallakin ymmärtäen sanan merkitys ja harhaanjohtavuus. Joidenkin lähteiden mukaan koneoppiminen on yksi tekoälyn alalajeista, mutta kuten edellä mainittu, mitään lopullista totuutta ei näille termeille ole vielä olemassa.

5.1.1 Mitä tekoäly on ja mitä se ei ole

Tässä kappaleessa on etsitty vastausta ensimmäiseen kysymykseen, joka tulee alussa vastaan kaikille aiheesta kiinnostuneille, eli mitä tekoäly on ja mitä se ei ole? Tekoäly on hyvinkin laaja käsite, joten se määritellään tämän tutkimuksen sisällä seuraavasti.

Mitä tekoäly on

Tekoäly on ohjelmoimalla tuotettu matemaattisia kaavoja toteuttava kone, joka ei ymmärrä ulkopuolisesta maailmasta mitään, mitä sen ei ole ohjelmoitu ”ymmärtämään”. Tekoälyn ja perinteisen ohjelmoinnin erona voitaisiin pitää sitä, että tekoäly tallentaa historiatietoa ja tekee johtopäätöksiä laskemalla ja lajittelemalla historiatietoa, sekä etsii ongelmiin vastauksia historiatiedon perusteella. Perinteisellä ohjelmoinnilla ohjelmoija on itse suunnitellut kaikki mahdolliset tilanteet etukäteen, johon hänen tekemä koodinsa joskus joutuu ottamaan kantaa. Perinteisellä ohjelmoinnilla tuotettu ohjelmisto ei jalostu käytön aikana, mutta tekoälytekniikoita käyttäen voidaan saada aikaan tuote, joka oppii käytön aikana paremmaksi.

Mitä tekoäly ei ole

Tekoäly ei ole ajatteleva, kuten ihminen. Tekoäly ei opi mitään mitä siihen ei ole ohjelmoitu. Tekoälyä voidaan käyttää hyvin suppealla alueella, joka sille on ohjelmoitu rivi riviltä. Itseasiassa tekoäly on aivan samaa ohjelmoimalla tuotettua ohjelmaa, mitä kaikki muutkin ohjelmat ovat tähän asti olleet, joten tekoäly ei ole edes tekoäly siinä merkityksessä, kuin sitä nykyisin kaupataan, vaan ihan normaalia ohjelmoimalla tuotettua toimintaa tietojärjestelmässä.

Tekoäly ei ole ihmisten näköisiä humanoidirobotteja, jotka toimivat ihmisten tavalla puhuen, ajatellen ja liikkuen, kuten ihmiset. Ne eivät ole myöskään ihmistä palvelevia tai ihmistä vastaan sotivia olioita, jona ne tieteiskirjallisuudessa usein kuvataan. (Elements Of AI. 2021)

Tekoälystä kuvitellaan helposti, että se on jonkunlainen tietokoneella aikaan saatu kopio ihmisen älykkyydestä. Sitä se ei kuitenkaan ole.

5.1.2 Älykkyys ja tietoisuus

Älykkyydestä ja tietoisuudesta on tehty hyvin kattava kirja nimeltään ”Tietoisuus, tekoäly ja robotit”. Tuossa kirjassaan tekoälyn tuntija Professori Pentti A. O. Haikonen selittää hyvin kattavasti ihmisen älykkyyteen liittyvät seikat ja miten ihminen oppii elämänsä varrella. Tärkein sanoma kirjassa on kuitenkin se, miksi kone ei voi saavuttaa ihmeisen kaltaista älykkyyttä luultavasti koskaan tulevaisuudessa(kaan).

Älykkyys

Äly on sitä mitä käytämme ja miten mietimme asioita, kun joudumme soveltaamaan ohjeita ja sääntöjä. Äly ei ole tietokoneohjelma tapaista sääntö kerrallaan suorittamista, koska kuka tahansa pystyisi siihen vaikkapa kynää ja paperia käyttämällä. Älykkyys on asioiden huomaamista ja yhdistämistä pienten vihjeiden perusteella. (Haikonen 2017, 117)

Älykkään toiminnan perusteena tulee olla kyky huomata toisiinsa liittyvät asiayhteydet, yhdistellä ja muunnella asioita sopivasti tavoitteen saavuttamiseksi, sekä riittävästi taustatietoa. (Haikonen 2017, 118)

Tässä tutkimuksessa tutkitaan mahdollisuutta siirtyä tietokoneohjelmanmaisesta sääntö kerrallaan suorittamisesta asioiden yhdistämiseen taustatietoihin, joiden summana syntyisi uusia entistä parempia vastauksia. Samalla pyritään saamaan tietokoneista älykkään oloisia toimijoita, joiden kanssa ihminen on vuorovaikutuksessa.

Tietoisuus

Tietoisuutta ei ole vielä pystytty tarkoin määrittelemään missään, joten sen määrittely ei tule onnistumaan tässäkään tutkimuksessa. Tietoisuuden ohjelmoiminen tietokoneelle edellyttäisi kuitenkin tietoisuuden perinpohjaista ymmärrystä, jotta se voitaisiin pilkkoa osiin ja ymmärtää pieninä palasina, jonka jälkeen se voitaisiin ohjelmoida tietokoneelle.

Tietoisuus on havaintojen tekemistä, niistä raportoimista ihmisen sisällä ja muistiin tallentamista sekä muistista palauttamista. Todellisten ja virtuaalisten havaintojen lisäksi tarvitaan myös huomio, jotta havainto jäisi mieleen. Joskus havainto tulee ihmisen tietoisuuteen ja joskus se painuu suoraan hataraksi muistikuvaksi ihmisen mieleen. (Haikonen 2017, 196-209)

5.1.3 Heikko ja vahva tekoäly

Kaikki nykyisin käyttämämme tekoäly on niin sanottua heikkoa tekoälyä. Monet ymmärtävät tekoälyn siten, kuin se tulee ehkä olemaan joskus vuosien tai kymmenien vuosien kuluttua. Tässä osiossa on kerrottu heikon ja vahvan tekoälyn eroja.

Heikko tekoäly

Tähän mennessä ei ole pystytty toteuttamaan muuta kuin kapeaa eli heikkoa tekoälyä, Artificial Narrow Intelligenceä, ANIa. Kapealla ja heikolla tekoälyllä voidaan suoriutua tarkasti määritellystä tehtävästä, mutta osaamista ei voida laajentaa alkuperäisen toiminnan ulkopuolelle. Erikoistuminen johonkin tiettyyn alueeseen ei sinänsä tuota ongelmia, mutta heikko tekoäly ei pysty mukautumaan uuteen tilanteeseen. (Merilehto A. 23-24)

Esimerkiksi oppiminen, ennakointi, päätöksenteko, näkö, kuulo, syöpäkasvaimen tunnistaminen kuvasta ovat kaikki heikkoa tekoälyä, vaikka nopeasti voisi ajatella, että edellä mainitut ovat jo jotain todella älykästä. (Merilehto A. 18)

Toisin sanoen, vaikka internetti pursuaa kaikenlaista älykkäältä vaikuttavaa asiaa, niin ne ovat kuitenkin jokainen vain tietylle kapealle sektorille suunniteltuja ja kehitettyjä ohjelmistoja. Otetaan esimerkiksi vaikkapa kuvan tunnistus. Nopeasti tulisi sellainen tunne, että kuvan tunnistuksen ohjelmistolle on vain näytetty jotain kuvaa ja sanottu, että tuossa on sitten naapurin pappa. Ihminenhan oppisi jo tässä vaiheessa, että niin se sitten on ja sillä hyvä. Käytännössä tekoälylle täytyy esitellä lukematon määrä kuvia kyseisestä papasta ja tekoäly laskee neuroverkkojen avulla pikseli pikseliltä, että sopiiko kyseinen kuva naapurin pappaan vai ei. Samalla tekoäly tarvitsee myös kuvia, jotka esittävätkin jotain muuta papaa, koska neuroverkko alkaa muuten tunnistamaan kaikkia pappoja naapurin papaksi. Tämäkin esimerkki oli oikeasti pelkkää matematiikkaa, joka voitaisiin suorittaa kynällä ja ruutupaperilla yhtä hyvin. Tekoälyn etu tässä on se, että se pystyy nopeasti laskemaan tuhansia tai miljoonia oikeita ja vääriä kuvia hyvin nopeassa ajassa.

Samanlaiset matemaattiset toiminnot ovat löydettävissä nykyisin kaikkien tekoälyjen ohjelmistojen ”konehuoneesta” vielä tänä päivänä. Ei ole keksitty älykästä konetta. On vain keksitty tapa muuttaa asioita laskettavaan muotoon ja on keksitty nopeat tietokoneet laskemaan suuret määrät dataa nopeasti ja tehokkaasti.

Vahva tekoäly

Vahva tekoäly, jota kutsutaan myös laajaksi tekoälyksi (Artificial General Intelligence, AGI) on ollut tekoälyn kehittäjien haaveena alusta saakka. Tekoälykehittäjien olisi kuitenkin ratkaistava ainakin kaksi oleellista asiaa, jotta he voisivat saavuttaa edellä mainitun laajan tekoälyn. Ensinnäkin koneiden tulisi oppia opettelemaan asioita itsenäisesti ilman ihmisen apuja. Tästä käytetään nimitystä itsenäinen oppiminen. Toiseksi koneiden tulisi osata yleistää kaikki sensorein ja aistein saavutettu tieto, jotta se olisi käytettävissä kaikkeen tarvittavaan oppimiseen jatkossa. Yleistäminen on osittain ratkaistu neuroverkoissa. Asioiden siirtelystä aihealueesta toiseen kutsutaan nimellä siirto-oppiminen (transfer learning). (Merilehto A. 23-24)

Tekoälyn arkkitehtuuriksi tutkijat ovat alkaneet käyttää esimerkkinä ihmisen aivoja. Ihmisen aivot pystyvät luonnostaan yhdistämään aistein havainnoitua ja mitattua tietoa jo olemassa olevaan. Tekoälyn tulisi myös pystyä reaaliajassa yhdistämään uudet havainnot aikaisempaan ja synnyttää uusia havaintoja. Ihmisaivojen tutkimus eli neurotieteet onkin noussut tärkeäksi osaksi tekoälytutkimusta. (Merilehto A. 25)

Miksi sitten juuri ihmisen älykkyys katsotaan älykkääksi toiminnaksi. Onhan ihminen tietysti älykäs, ainakin pääosin. Mistä sitten tulee sodat, viha, kateus, katkeruus ja monet muut ihmisen ominaisuudet, joita ei varmaankaan kannata sanoa älykkääksi toiminnaksi. Jos neurotieteilijät ja tekoälyn kehittäjät onnistuvat luomaan tai kopioimaan ihmisen aivojen toiminnan tietokoneella, niin miten käy noille epätoivotuille ilmiöille. Varsinkin kun tietokoneen laskentakapasiteetti ylittää hurjasti ihmisen vastaavan. Tietysti sotaakin voidaan pitää nykyaikaisena ja älykkäänä joidenkin mielestä silloin, kun siinä kuolee vain vihollisia ja itse saadaan olla voittajien puolella. Olisiko kuitenkin jonkun eläimen älykkyys viisaampaa kopioida, koska eläimet tappavat pääosin vain saadakseen ravintoa?

5.1.4 Koneoppiminen

Koneoppimisen (Machine Learning) periaatteet on kehitetty jo 1950- ja 60-luvuilla. Termi koneoppiminen ei ole vakiintunut termi, joten samasta asiasta voi olla olemassa muitakin nimityksiä. Koneoppiminen tarvitsee paljon opetusdataa, johon vertailemalla se pystyy päättämään käytännössä vastauksia ongelmiin. Koneoppiminen vaatii toimiakseen paljon dataa, mutta se ei paranna toimintaansa käytön aikana sen mukaan miten paljon dataa ne käsittelevät, kuten esimerkiksi syvät neuroverkot, jotka oppivat sitä mukaa, kun lisää dataa käsitellään. (Kananen & Puolitaival 2019, 109)

Koneoppiminen käyttää dataa oppimiseen sen sijaan, että kaikki tieto olisi koodattu valmiiksi ohjelmakoodiin. Koneoppimisen perustana on algoritmit, jotka pystyvät luokittelemaan, muokkaamaan ja tutkimaan dataa ennalta annetuin säännöin askel askeleelta. Tämän datan avulla kehitetään mallia, joka oppii datasta ja pystyy sitä kautta ennustamaan lopputulosta. Mitä enemmän opetusdataa on käytettävissä, niin sitä paremman ennusteen malli tuottaa. (Merilehto A. 27)

Koneoppimiseksi lasketaan tässä työssä sellainen koneen opettaminen, jossa kone on opetettu opetusdatalla ja annetaan kone hoitaa työtänsä sen perusteella. Opetusdatan lisäksi tarvitaan myös testidataa, jonka perusteella päätellään, että kuinka hyvä koneoppimisen mallista tuli.

5.1.5 Koneoppiminen opetustavan mukaan jaoteltuna

Koneoppimista voidaan jäsentää monella tapaa riippuen asiayhteydestä. Yksi tapa jäsentää koneoppimista ajatellen sitä *opettamisen* näkökulmasta. Opettamisen kolme pääkategoriaa ovat ohjattu oppiminen, ohjaamaton oppiminen ja vahvistusoppiminen. ”Tekoäly voidaan siis jakaa monella eri tavalla, kuten esimerkiksi koneoppimiseen, neuroverkkoihin sekä vahvistusoppimiseen” (Kananen & Puolitaival 2019, 29). Tässä tutkimuksessa on kerrottu eri termien tarkoitus, mutta ei ryhmitellä asioita mitenkään erityisesti tiettyihin ryhmiin, koska käytännön elämässä tekoälytuotteet rakennetaan lähes aina useista menetelmistä, jotka täydentävät toisiaan.

Ohjaamaton oppiminen – unsupervised learning

”Ohjaamaton oppiminen: kone pääättelee asioita datassa olevien säännönmukaisuuksien ja suhteiden pohjalta.” (Merilehto 2018, 19)

Ohjaamattomassa oppimisessä ei ole ennalta niin sanottua oikeaa vastausta, vaan algoritmia pyydetään etsimään datasta säännönmukaisuuksia eli malleja, joiden perusteella algoritmi organisoii datan itsenäisesti. Ohjaamattoman oppimisen hyvä puoli on se, että algoritmi löytää poikkeukset datasta, eikä kaikkia erikoistapauksia tarvitse merkitä dataan. Algoritmia voidaan säätää siten, että se osaa kiinnittää huomioita haluttuihin ominaisuuksiin ja voi jättää vähemmän merkitykselliset ominaisuudet kokonaan pois. (Kananen & Puolitaival 2019, 51-52)

Asettamalla niin sanottuja hyperparametrejä, joita käyttäjä voi vaihtaa vaikka kesken ohjelman suorituksen, algoritmia ei tarvitse kirjoittaa uusiksi aina, kun sitä halutaan säätää. Hyperparametrejä säätämällä algoritmi voidaan saada luokittelemaan sama aineisto täysin uudella tavalla. (Kananen & Puolitaival 2019, 53)

Ohjaamattomassa oppimisessä algoritmille esitetään täysin uusi data. Algoritmia pyydetään selvittämään datan taustalla olevat säännönmukaisuudet, kuten klusterirakenne. Klustering tarkoittaa tiedon ryhmittelyä joidenkin kriteerien mukaan. Eri ryhmiä on sitten helpompi tarkastella ja löytää sieltä joitain sisäisiä malleja. Toinen ohjaamattomassa käytetty menetelmä on Dimension Reduction, jonka avulla datasta poistetaan kyseiseen tehtävään epäolennaiset muuttujat. (Hui, 2020)

Ohjattu oppiminen – supervised learning

Ohjattu oppiminen (Supervised learning) tarkoittaa sitä, että koneelle annetaan valmiiksi merkittyjä esimerkkejä ja niihin on kerrottu valmiiksi vastaus, mitä esimerkki tarkoittaa. (Kananen & Puolitaival 2019, 48)

Ohjatut oppimisalgoritmit tekevät ennusteita esimerkkien perusteella. Esimerkiksi myyntihistoriaa voidaan käyttää tulevien hintojen arviointiin. Luokittelu (Classification) tarkoittaa tiedon merkitsemistä opetusdataan, jonka perusteella algoritmi pystyy päättämään uudesta datasta, kuuluuko data johonkin luokkaan. Voidaan siis opettaa kone tunnistamaan, onko kyseessä esimerkiksi kissa vai koira merkitsemällä opetusdataan oikeat vastaukset, joiden perusteella kone luokittelee uudesta datasta, kuuluuko se luokkaan kissa vai koira. Regressiomenetelmällä (Regression) tarkoitetaan opettamista regression avulla. Ennustamisessa (Forecasting) kerätyn historiatiedon avulla pyritään päättämään tulevaisuuden asioita, kuten tulevan vuoden myyntiä edellisen myynnin perusteella. (Hui, 2020)

Neuroverkot ovat usein käytettyjä koneoppimisen menetelmiä ohjatussa oppimisessa (Kananen & Puolitaival 2019, 43). Merilehto puolestaan kiteyttää ohjatun oppimisen kirjassaan näin: "Ohjattu oppiminen: koneelle annetaan oikea vastaus opetusdatassa." (Merilehto 2018, 19).

Ohjatussa oppimisessa annetaan siis esimerkkejä vaikkapa kissoista ja kerrotaan vastauksessa, että kyseessä on kissa. Vastaavasti koneelle on annettava kuvia muistakin asioista kuin kissoista, ettei kone ala määrittelemään kissaksi kaikkia kuvia, joissa on jotain piirteitä kissasta. Luotettavaa merkittyä opetusdataa voidaan lisätä käytön aikana, kunhan huolehditaan opetusdatan laadusta.

PuoliOhjattu oppiminen – Semi-supervised learning

Valvotun oppimisen haasteena on, että tietojen merkitseminen voi olla kallista ja aikaa vievää. Jos opetusdataa on rajoitetusti, voit yhdistää ohjatun oppimisen merkittyä opetusdataa ja ohjaamattoman opettamisen merkitsemättömiä dataa. Koska konetta ei tässä tapauksessa valvota täysin, sanomme koneen olevan puoliOhjattu. PuoliOhjatussa oppimisessa voit lisätä oppimisen tarkkuutta käyttämällä merkitsemättömiä esimerkkejä pienellä määrällä merkittyjä tietoja. (Hui 2020)

Goldberg ja Zhu Wisconsin yliopistosta määrittelevät puoliOhjatun oppimisen tavoitteeksi ymmärtää, kuinka merkittyjen ja merkitsemättömien tietojen yhdistäminen voi muuttaa oppimiskäyttäytymistä, sekä oppia suunnittelemaan algoritmeja, jotka hyödyntävät tällaista yhdistelmää (Goldberg & Zhu, 2009)

Vahvistusoppiminen

Vahvistusoppiminen (reinforcement learning, RL) Vahvistusoppiminen on toinen koneoppimisen haara, jota käytetään pääasiassa peräkkäisissä päätöksentekongelmissa. Tämän tyyppisessä koneoppimisessa, toisin kuin valvotussa ja valvomattomassa oppimisessa, meillä ei tarvitse olla tietoja etukäteen. Sen sijaan oppimisagentti on vuorovaikutuksessa ympäristön kanssa ja oppii optimaalisen käytännön ympäristöltä saamansa palautteen perusteella. Agentti saa hyvistä suorituksista pisteitä ja vastaavasti menettää pisteitä huonosta suorituksesta. Lisäksi agentti tarkkailee ympäristön tilaa toimintansa jälkeen. Pisteiden ja ympäristön tilan perusteella agentti korjaa toimintatapaansa jatkossa kohdatessaan vastaavanlaisen tilanteen. (Hui 2020)

Vahvistusoppimisen uskotaan olevan tulevaisuuden tekoälytekniikkana, koska se on yhdistynyt syväoppimistekniikan kanssa. Tärkeimpiä komponentteja vahvistusoppimisessa ovat Agentti (Agent), jota kuljetetaan jossakin tietyssä ympäristössä (Environment) tilasta tai hetkestä (State) johonkin toiseen tilaan tai hetkeen. Kuljettamista tilasta tai hetkestä toiseen sanotaan toiminnaksi (Action). Kun agenttia kuljetetaan paikasta toiseen, niin se voi saada palkintoja (Reward) tai menettää niitä. Agentti pyrkii siihen, että se saa mahdollisimman paljon pisteitä. (Ravichandiran 2020, 1)

Vahvistusoppiminen eroaa ohjatusta oppimisesta siinä, että se ei tarvitse koulutusdataa oppiakseen. Vahvistusoppimisessa algoritmi on suunniteltu siten, että se perustaa kyseessä olevaan ympäristöön agentin, jota se kuljettaa ympäristössä etsien ratkaisua. Agentti kokeilee erilaisia vaihtoehtoja saaden hyvistä ratkaisuksista palkintoja, kuten pisteitä ja huonoista ratkaisuksista rangaistuksia, kuten negatiivisia pisteitä. Agentti etsii sellaisen ratkaisun, jossa pisteiden summa on mahdollisimman korkea ja mukauttaa toimintaa sen mukaisesti. Agentti valitsee parhaan löytämänsä ratkaisun, eikä huonoa ratkaisua korjata. Vahvistusoppimista on kehitetty muun muassa peliteoriasta ja kognitiivisesta psykologiasta saatujen oppien perusteella. (Kananen & Puolitaival 2019, 158)

”Vahvistusoppiminen: koneelle annetaan palautetta siitä, kuinka onnistuneesti se toimii eri tilanteissa ilman, että annetaan oikeita vastauksia.” (Merilehto 2018, 19.).

Vahvistusoppimisen etu on se, että agentti voidaan laittaa uuteen ympäristöön ja se alkaa opetella uutta ympäristöä itsenäisesti. Perinteisellä tavalla ohjelmoituna uutteen ympäristöön joudutaan ohjelmoimaan uudet ohjeet ja se olisi tavattoman työlästä ja kallista. Esimerkiksi itsestään ajavien autojen tapauksessa jokainen ympäristö tulisi tehdä jokaiseen autoon sopivaksi tai sitten jokainen auto jouduttaisiin ohjelmoimaan uudelleen. Agentti voi myös hyödyntää aiemmin oppimaansa uudessa ympäristössä. (Kananen & Puolitaival 2019, 163).

Mutta jotta kaikki ei olisi liian helppoa, täytyy esimerkiksi itseajavien autojen tapauksessa huomioda, että autoilla ei ole varaa lähteä liikenteeseen kokeilemaan, että mistä asioista saa pisteitä ja mitä asioita tulee välttää. Tähänkin asiaan on kehitelty omia menetelmiä algoritmein.

Vahvistusoppiminen vaikuttaa hyvinkin soveltuvalta menetelmältä myös lentokonetta ohjaavaan agentin tekoälytekniikaksi ja erityisesti erilaisiin taistelutilanteisiin joutuvan agentin luomiseksi.

5.1.6 Sääntöpohjainen ja tekoälypohjainen ohjelmointi

Tässä kappaleessa määritellään perinteinen ohjelmointi (sääntöpohjainen oppiminen), sekä tutkimuksen aiheena oleva tekoälyohjelmointi. Käytännössä koneen ohjelmoimisessa ja kouluttamisessa käytetään usein useampaa tapaa yhdessä (***semi-supervised learning***) ja myös erilaisia algoritmeja yksitellen ja yhdistellen. (Kananen & Puolitaival 2019, 43)

Sääntöpohjaisessa ohjelmoinnissa, jota sanotaan usein ”perinteiseksi” tavaksi ohjelmoida, koneelle annetaan dataa ja koodataan säännöt vaikkapa if-then-lauseparien avulla, joiden mukaisesti koneen halutaan dataa käsittelevän ja tuottavan ohjelman mukaisia vastauksia. Sääntöihin perustuvalla ohjelmoinnilla voitaisiin saada aikaiseksi ihan mitä tahansa, mutta ohjelmista tulisi äärettömän pitkiä ja sitä kautta vaikeasti hahmotettavia. Myös ohjelmointivirheiden määrä kasvaa koodin mitan kasvaessa. (Kananen & Puolitaival 2019, 29)

Sääntöpohjainen ohjelmointi perustuu teoriaan siitä, miten joku mallinnettava ilmiö toimii (deduktiivinen päättely). Sääntöpohjaisessa ohjelmoinnissa ohjelma ei opi mitään vaan toimii orjallisesti kirjoitetun koodin mukaisesti. **Tekoälyohjelmoinnin** perusajatukseen kuuluu se, että ohjelmisto oppii matkan varrella havainnoistaan. Havaintoja tarvitaan todella suuri määrä, jotta tekoäly voittaa perinteisellä ohjelmoinnilla saavutetut hyödyt. Havaintojen kerääminen on kuitenkin automaattista, joten riittää tieto siitä, että alussa tekoälyllä tuotetut vastaukset eivät ole niin tarkkoja, kuin mitä ne tulee jatkossa olemaan. Tärkeää myös ymmärtää, että tekoälyllä tuotetut vastaukset eivät voi olla parempia, kuin data, jolla tekoäly on koulutettu. Tekoälylle annetaan datan muodossa vastaukset data-vastaus-dataparien avulla. Tällä tavalla tekoälyä koulutetaan tarkemmaksi. Ja mitä enemmän koulutusdataa on käytettävissä, niin sitä tarkempia vastauksia tekoäly voi antaa. Huomattavaa on, että tekoälyn vastaus on aina joku todennäköisyys asiasta, eikä absoluuttinen totuus. (Kananen & Puolitaival 2019, 30)

Mutta eihän se tekoälyohjelman koodikaan taivaalta putoa. Jonkun sekin on ohjelmoitava ja ainoaksi tavaksi taitaa jäädä käskylistapohjainen ohjelmointi, josta voi niin ikään tulla hallitsemattoman pitkä ja sekava ainakin erityiskäyttötarkoituksellisissa sovelluksissa, kuten lentosimulaattorin uhkaympäristö.

5.1.7 Algoritmi

"Algoritmi on yksityiskohtainen kuvaus tai ohje siitä, miten tehtävä tai prosessi suoritetaan." (Merilehto 2018, 17).

Tyypillinen kysymys, kun kohdataan monenlaisia koneoppimisalgoritmeja, on "mitä algoritmia minun pitäisi käyttää?" Vastaus kysymykseen vaihtelee useista tekijöistä, kuten lähdeaineiston koko, laatu, datan käsittelyyn käytettävissä oleva aika ja haluttu lopputulos. Kokeneetkaan datatieteilijät eivät voi kertoa, mikä algoritmi toimii parhaiten, ennen kuin on kokeillut erilaisia algoritmeja. Useat datatieteilijät ovatkin sitä mieltä, että paras keino löytää paras algoritmi on kokeilla niitä kaikkia. (Hui, 2020)

Aloittelijoiden kannattaa aloittaa yksinkertaisista algoritmeista, jotka on helppo ymmärtää ja virittää käyttötarkoitukseensa. Kun data alkaa olla tuttua ja tulokset ymmärrettäviä, voidaan kokeilla jotain hienostuneempaa ja monimutkaisempaa. Algoritmin valinnassa tulee ottaa huomioon tarkkuus, opetus aika ja helppokäyttöisyys. Yleensä käyttäjät asettavat etusijalle tarkkuuden, mutta aloittelijat keskittyvät mieluummin niihin algoritmeihin, jotka tuntevat parhaiten. Aloittelijat valitsevat myös algoritmeja, jotka on helppo toteuttaa ja joilla saadaan tuloksia nopeasti. Tämä on hyvä alku, kunhan se on vasta ensimmäinen askel prosessissa. Silti parhaatkaan algoritmit eivät välttämättä toimi ilman huolellista koulutusta ja viritämistä. (Hui, 2020)

Algoritmista riittää siis aluksi tieto, että se on vain lista peräkkäisiä käskyjä, joita suoritetaan tietyssä järjestyksessä. Kun on oppinut jonkun yksinkertaisemman algoritmin, niin sitä on hyvä kokeilla ja kun on päässyt tutuksi menetelmään, niin kannattaa siirtyä parempiin algoritmeihin, kunnes riittävä tarkkuus saavutetaan. Ei ole kuitenkaan itsetarkoitus etsiä mahdollisimman monimutkaista algoritmia, joka vielä nippanappa toimii kyseisessä tehtävässä. "Keep It Simple"

Algoritmikaan ei sittenkään ole sen ihmeellisempää, kuin joukko peräkkäisiä käskyjä, jotka suoritetaan tietyssä järjestyksessä. Mikä on sitten loppujen lopuksi tekoälyn ja käskylistaohjelmoinnin ero?

5.2 Data Science

Data on kuin uusi öljy – näin usein sanotaan, kun puhutaan datasta liike-elämässä. Laitteet ja ohjelmistot tuottavat tulevaisuudessa aina vaan enemmän dataa, mutta kuten raakaöljy, data ei itsessään riitä. Todellinen lisäarvo datasta saadaan, kun se on lajiteltu ja jalostettu liiketoiminnan sovellusten ja prosessien tarvitsemaan muotoon. (Zure 2021)

Datan merkitys on tulevaisuudessa valtava erityisesti tekoälyyn liittyen, koska tekoäly tarvitsee dataa ollakseen tekoäly. Datalla tulee olemaan suuri merkitys myös rakennettaessa tekoälyohjelmisto konstruktivistista entityä ohjaavan agentin toimintaan. Agentille täytyy kertoa, mikä on oikein ja mikä väärin. Agentin täytyy oppia myös arvioimaan tilannetta ja laskemaan tulevan ratkaisunsa kannattavuutta. Agentin päätökset tulevat perustumaan jo opittuihin asioihin, joita se voi saada vain opetusdatasta tai itse tallentamastaan historiasta. Kaikki tämä tieto täytyy tallentaa dataksi varastoon, josta se voidaan myöhemmin ottaa esille käyttöä varten. Asia ei ole kovin yksinkertaista ja sen vuoksi tämän aiheen ympärille on kehitetty oma tiede – Data Science.

5.2.1 Datan perusyksikkö ja esittely

Data on perusyksikkö ja sitä voi olla monessa muodossa. Data voi esiintyä numeroina, tekstinä, kuvina, videoina ja ihan missä tahansa tallennettavissa olevassa muodossa. Datan formaattina voi olla esimerkiksi .txt, .xml, .pdf, .jpg, .png. Data on aluksi niin sanottua raakadataa, joka on vain tiheään pakattua tietoa, jolla ei ole merkitystä. Raakadata pakataan tiheästi tallennustilan tehokkaan käytön vuoksi. Kun datalle annetaan merkitys, niin siitä saadaan informaatio ja kun informaatiota tulkitaan, niin siitä muodostuu tietoa. Tiedosta tulee puolestaan tietämystä, kun se yhdistetään johonkin kokonaisuuteen. Data ei siis yksinään ole mitään, ennen kuin se liitetään johonkin asiayhteyteen ja tulkitaan asiantuntijoiden toimesta. (Kananen & Puolitaival 2019, 56)

Data voidaan jakaa rakenteelliseen ja ei rakenteelliseen dataan. Rakenteellisella datalla tarkoitetaan valmiiksi järjestyksessä olevaa dataa, jossa muuttujatkin on valmiiksi määritetty. Ei rakenteellinen data voi olla vaikkapa videokuva, joka täytyy muokata koneen ymmärtämään muotoon, ennen kuin sitä voidaan käsitellä. (Kananen & Puolitaival 2019, 79)

Tutkimuksen kohteena oleva agentti tarvitsee runsaasti tallennustilaa historiatiedon tallentamiseen ja suunnitelmallista arkkitehtuuria, ennen kuin tietomassoista voidaan saada tietoa hyödynnettäväksi sovelluksessa. Jälleen tullaan siihen johtopäätökseen, että tarvitaan erikoisosaamista, jotta data osataan tallentaa ja lukea tehokkaasti.

5.2.2 Datastrategia

Datastrategia määrittelee, mistä ja miten yrityksessä kerätään dataa, kuka sen omistaa ja kenellä on oikeudet datan käyttöön. Datastrategiassa tulee myös määritellä, miten dataa käsitellään ja kuka sitä käsittelee. Yrityksestä voi puuttua koko strategia, **eikä siihen ole olemassa hyväksyttävää syytä**, koska tietoa ja osaamista on saatavilla jo runsaasti. Datastrategian tavoitteena on datan hyödyntäminen mahdollisimman tehokkaasti ja aloittaa voi vaikka nykyisin olevan datan tilanteesta, päivitystarpeista ja puutteista. Datan saatavuus on tekoälyn olennaisin tekijä, koska tekoälyn perusidea on tehdä päätöksiä datan perusteella. Datastrategiassa on myös syytä määritellä, kuinka yrityksessä täytetään GDPR vaatimukset. (Merilehto A. 187)

Ei ehkä ole olemassa hyväksyttävää syytä strategian puuttumiseen, mutta jos organisaatiossa ei ole mitään aikaisempaa osaamista tai historiaa, niin ei sitä strategiaakaan ole helppo luoda. Jostain on ensin aloitettava.

Nykypäivänä itseohjautuvat autot tekevät tuloaan ja niiden on tarkoitus lähettää keräämänsä data datakeskukseen jaettavaksi toisille autoille (Kananen & Puolitaival 2019, 169). Mutta kuka omistaa tämän datan ja kuka voi esimerkiksi myydä dataa jollekin toiselle? Näitä asioita varmaan mietitään maailmalla kuumeisesti.

5.2.3 Datan kerääminen

Hyvälaatuisen datan kerääminen ja hyödyntäminen on haastavaa toimintaa, jotta se osattaisiin kerätä, analysoida ja jalostaa onnistuneesti tulevaa tekoälyllä toteutettua käyttöä varten. Data on usein hajallaan eri tietolähteissä eikä usein edes tiedetä datan olemassaolosta. Data on myös hyvin usein eri muodossa, jolloin sen yhdistäminen muodostaa haasteita. Datan hallintaan tarvitaan siis aikaisemminkin mainittua Data science -osaamista, jolloin kaikki datan olemassaoloon, analysointiin ja hyödyntämiseen tarvittavat asiat ovat hallussa ja datasta saadaan paras hyöty irti. Pahimmassa tapauksessa arvokas data jää täysin käyttämättä ja se ehtii vanheta ennen kuin sen olemassaolo ja tärkeys huomataan, tai sitten ei huomata koskaan. Tietysti, jos ei tunnisteta omia ongelmia ja tarpeita, niin ei niitä voida myöskään datan ja tekoälyn avulla korjata. (Kananen & Puolitaival 2019, 56)

Tyypillisiä ongelmakohtia, jotka aiheuttavat haasteita tekoälyn hyödyntämisessä ovat ne, ettei tekoälyn tarvitsemaa dataa kerätä ja varastoida. Data pitää myös analysoida, se pitää olla saatavilla ja se pitää myös visualisoida jollain tavalla, jotta data ei ole pelkkiä numeroita taulukossa. Hyvää dataa syntyy usein suoraan operatiivisesta toiminnasta, kunhan edellä mainitut asiat on huomioitu. (Kananen & Puolitaival 2019, 76-77)

Datan keräämisessä kannattaa lähteä oman organisaation tuottaman datan hyödyntämisestä. Oman organisaation tuottamaa ja hallitsemaa dataa kutsutaan nimellä "first-party data". Se on yleensä omista sovelluksista tulevaa tietoa, sensoridataa tai vaikkapa huoltotietoja. Dataa voidaan kerätä myös jonkun toisen organisaation tuottamana. Toisen organisaation tuottamasta datasta käytetään nimitystä "second-party data". Kolmantena yleisenä datalähteenä käytetään julkisin varoin tuotettua dataa, joka on laitettu yleisesti jakoon kaikkien saataville. Kolmansien osapuolten tuottamaa dataa kutsutaan nimellä "third-party data". Suomessa tunnettuja "third-party data":n lähteitä ovat liikenne- ja turvallisuusvirasto, valtiovarainministeriö, ilmatieteenlaitos ja tilastokeskus. Jotkut ulkomaisetkin toimijat tuottavat runsaasti erilaista dataa julkiseen jakeluun. Esimerkkinä mainittakoon USA, joka jakaa yli 300 000 datasettiä (www.data.gov) vapaasti saataville. (Kananen & Puolitaival 2019, 83-84)

Sotilaallisesti hyödynnettävä data on kuitenkin erikoisen vaikeaa saada käyttöönsä muulla keinoin, kuin tuottamalla sitä itse. Dataa voi aina yrittää ostaa, mutta datan tarkkuus voi olla huono tai data voi olla jo vanhentunutta. Yleensä myyjä on parhaiten tietoinen datan rahallisesta arvosta ja osaa hinnoitella datan sen mukaan. Edellä mainitusta www.data.gov -sivustosta ei löytynyt lyhyen tutustumisen jälkeen juuri mitään tämän tutkimusaiheen kannalta mielenkiintoista dataa.

5.2.4 Datan hyödyntäminen tekoälysovelluksessa

Tekoälysovelluksen kehittäminen alkaa ratkaistavan ongelman tunnistamisesta ja rajaamisesta. Toimialaosaaminen ja asiantuntijuus ovat ensimmäisiä tarpeellisia osaamisalueita, jolla pystytään määrittelemään tekoälysovellukselta vaaditut ominaisuudet. Tekoälyä teknisesti osaava henkilöstö, kuten ohjelmoija (data engineer) ja data-ammattilainen (data scientist) otetaan mukaan keskusteluihin ongelman määrittelemisen jälkeen, kun tiedetään jo, mitä halutaan. Toimialaosaajien ja tekoälyosaajien on hyvä keskustella huolellisesti läpi, mitä kaikkea tekoälysovellukselta halutaan. Tässä tulee kuvaan mukaan niin sanottu vaikuttavien ominaisuuksien tunnistaminen (feature engineering eli muuttujien valinta), jonka avulla toimialaosaajat ja tekoälyosaajat tunnistavat tarvittavat muuttujat ja määrittelevät ne. Tässä kohtaa olisi etua, jos molemmat asiantuntijat osaisivat jo toisiansakin osaamisalueita. (Kananen & Puolitaival 2019, 92)

Isossa organisaatiossa ei ole helppo edes tunnistaa omia erikoisosaajia, tai sitten saada kyseiset erikoisosaajat mukaan johonkin tiettyyn projektiin. Lisäksi ulkopuolelta hankittava osaaminen täytyy yhdistää omaan osaamiseen, jolloin voi tulla erilaisia ongelmia määritellä ulkopuolisen toimijan osaamisalueet.

Seuraavassa vaiheessa aletaan pohtia käytettävissä ja saatavissa olevaa dataa ja sen soveltuvuutta ja ominaisuuksia tekoälysovelluksen hyödyntämiseen. Tässä vaiheessa on hyvä olla tietoinen kaikesta mahdollisesta datasta, mitä löytyy, vaikka ei vielä tiedetä, mitä dataa tullaan loppujen lopuksi tarvitsemaan. On hyvä ottaa huomioon myös ulkopuolelta saatavilla oleva data, sekä miettiä, kannattaisiko jotain dataa alkaa keräämään, jotta sitä voitaisiin hyödyntää myöhemmässä vaiheessa. (Kananen & Puolitaival 2019, 103)

Datasta pitää valita referenssi, eli sellainen oikeaksi merkitty data, johon tulevan sovelluksen tuloksia voidaan verrata. Näitä datasettejä kutustaan erilaisilla nimillä, kuten "ground truth", "golden dataset" tai "referenssi". Referenssidatasettiin pitää valita hyviä ja huonoja esimerkkejä, jotta tekoäly ei opi ainoastaan hyvistä esimerkeistä, jolloin huonot esimerkit jäävät opettamatta. (Kananen & Puolitaival 2019, 90-92)

5.2.5 Datan visualisointi

Pelkästään numeroita tai tekstejä katselemalla on haastavaa nähdä kokonaiskuva datasta. Visualisoimalla eli kuvantamalla data saadaan helpommin ymmärrettävään muotoon ja erilaiset kokonaisuudet ja poikkeavuudet saadaan esiin ihmiselle helpommin ymmärrettävään ja hahmotettavaan muotoon. (Kananen & Puolitaival 2019, 86)

Datan visualisointi on ennestään tuttua simulaattorimaailmassa, mutta LVC-harjoittelun myötä joudutaan miettimään yhä enemmän virtuaalimaailman ja todellisen maailman eroja ja yhteneväisyyksiä. Lentoturvallisuus edellyttää kuitenkin loppukädessä näiden asioiden selkeää hallintaa.

5.3 Tekoälytekniikat

Tähän kappaleeseen on kerätty tutkimusaineistosta sellaiset yleisimmät tekoälytekniikat, jotka vaikuttavat käyttökelpoisilta simulaattoreissa käytettäväksi. Tekniikat jakautuvat käytännössä kahteen ryhmään, eli neuroverkkoihin, joita käytetään pääasiassa kuvien tunnistamiseen, sekä vahvistusoppimismenetelmiin, joilla pyritään saavuttamaan itseoppiva agentti.

5.3.1 Neuroverkot

Aivotutkimuksella pyritään selvittämään aivojen toimintaa ja sillä tiedolla pyritään toteuttamaan keinotekoinen neuroverkko (**artificial neural network, ANN**), joka koostuu isosta määrästä neuroneja ihmisaivojen tapaan. Yksi neuroni voidaan ymmärtää yksinkertaisena prosessorina. Neuroverkko koostuu puolestaan joukosta prosessoreita, jotka on kytketty toisiinsa. Aivotutkimusta on tehty pitkään, mutta kuitenkin aivojen toiminnasta tiedetään edelleen hyvinkin vähän. (Merilehto A. 20)

Neuroverkot toimivat sitä paremmin, mitä enemmän niille syötetään dataa, koska ne oppivat datasta. Riittävästi dataa voi tarkoittaa satojatuhansia esimerkkejä. Koska meillä ei ole riittävästi tietoa aivojen toiminnasta, niin se tarkoittaa, että edes isolla määrällä esimerkkejä emme saa aivojen kaltaista toimintaa aikaiseksi. (Merilehto A. 47.).

Neuroverkoilla pyritään jäljittelemään ihmisen aivojen rakennetta, joka koostuu ihmisellä neuroneista ja synapseista. Vastaavat nimet tietokonemaailmassa ovat solmuja ja solmuja yhdistäviä kaaria. Jokaiselle neuronille on annettu vain yksi tehtävä ja se hoitaa vaan sitä tiettyä tehtävää ja raportoi tehtävänsä tuloksen seuraaville neuroneille. (Merilehto A. 47.)

Neuroverkon tarkoitus on siis mallintaa ihmisen aivoja, koska ajatellaan, että ihmisen aivot ovat paras tapa luoda älykkyyttä. Neuroverkkoja käytetään pääasiassa kuvien tunnistamiseen. Esimerkiksi kuvien tunnistamisessa neuroverkot laskevat annetun kuvan kuvapikseli kerrallaan verraten sitä opetusdatassa ole-

vaan kuvaan. Opetusdatassa oleva kuva määrittää jokaiselle kuvapikselille painoarvon. Painoarvojen avulla neuroverkko vertaa annettua kuvaa opetusdatassa esitettyyn kuvaan ja laskee tällä tavalla jonkun todennäköisyyden, että onko kuva sama kuin opetusdatan kuva. Huomattavaa tässä on, että neuroverkoissakin on edelleen kyse todennäköisyydestä, joka on laskettu matematiikan avulla. Mitään maagista älyyn viittaavaa asioiden ymmärtämistä ei ole tässäkään nähtävissä.

5.3.2 Syväoppiminen

Neuroverkot organisoidaan kerroksiin, joista jokaisella kerroksella on jokin tehtävä. Esimerkiksi kuvan tunnistuksessa ensimmäiset kerrokset tunnistavat karkeita ääriviivoja ja mentäessä yhä pidemmälle uusiin kerroksiin kuvan tunnistaminen muuttuu tarkemmaksi ja yksityiskohtaisemmaksi, kunnes lopulta saadaan tunnistettua, mitä kuva esittää. Tällaista monikerrosverkkoa sanotaan syväksi neuroverkoksi. (Merilehto A. 56.)

Voidaan siis päätellä, että monikerrostekniikalla saadaan tehtäviä pilkottua useaan eri osaan siten, että osat voidaan laskea rinnakkain toistensa kanssa, jolloin säästyy arvokasta prosessointiaikaa.

Syväoppimisen (deep learning) on käytännössä samaa neuroverkkotekniikkaa, jota on kehitetty jo 80-90-luvuilla. Uusien graafisten näytönohjaimien (GPU) myötä on vain saatu enemmän laskentatehoa ja neuroverkkojen sijasta on kehitetty uusi termi ”syväoppiminen”, jotta asia kuulostaisi uudelta ja kiinnostavalta. Syväoppiminen tarvitsee tehokkaasti toimiakseen sekä oikeita-, että vääriä esimerkkejä tietystä asiasta, ettei järjestelmä yritä tunnistaa kaikkea samaksi. (Merilehto A. 56.)

Syväoppiminen on eräs koneoppimisen laji, joka kouluttaa tietokonetta suorittamaan ihmisen kaltaisia tehtäviä, kuten puheen tunnistaminen, kuvien tunnistaminen tai ennusteiden tekeminen. Sen sijaan, että tiedot järjestettäisiin etukäteen määriteltujen yhtälöiden läpi, syväoppimisessa asetetaan datan perusparametrit ja koulutetaan tietokonetta oppimaan itsestään tunnistamalla mallit usean käsittelykerroksen avulla. Syväoppimistekniikat ovat parantaneet kykyä luokitella, tunnistaa, havaita ja kuvata, eli yhdellä sanalla sanottuna, ymmärtää. Syväoppimista käytetään esimerkiksi kuvien luokitteluun, puheen tunnistamiseen, esineiden havaitsemiseen ja sisällön kuvaamiseen. Sirin ja Cortanan kaltaiset järjestelmät toimivat osittain syvällisen oppimisen avulla. (Deep Learning 2021)

Syväoppimismallin käyttöönottoa ja kehitystä on osaltaan tukenut hajautetun pilvi- ja grafiikkaprosessoriyksiköiden kehitys, joka on tuonut uskomattoman laskentatehon käyttöömme. Tämä laskentatehon taso on välttämätön syvien algoritmien kouluttamiseksi. Lisäksi ihmisen ja koneen rajapintojen kehittyminen hiiren ja näppäimistön lisäksi siten, että konetta voidaan ohjata myös eleillä, kosketuksilla ja puheella, tuo entistä enemmän kiinnostusta syväoppimista kohtaan. (Deep Learning 2021)

Kaikesta mainostuksesta huolimatta olemme edelleen keskellä syväoppimisen vallankumousta ja yritämme ymmärtää tämän algoritmin rajoituksia. On tärkeää, että johtajat, ammattilaiset, tutkijat ja teollisuuden päätöksentekijät pystyvät erottamaan todellisuuden ja median mainostaman hypen. Olemme edelleen kaukana ihmisen tasoisesta älykkyydestä. Nykyiset mallit suorittavat tehtäviä hyvin kapealla alalla ja sopeutuminen uusiin tilanteisiin on täysin hallitsematonta, eikä kone pysty edelleenkään ihmisen kaltaiseen kognitioon. (Orimoloye 2018)

Jotkut teknologiayritykset käyttävät jo erilaisiin neuroverkkoihin perustuvia Deep Learning-järjestelmiä suosittelukokemuksen parantamiseksi. Esimerkiksi YouTube, eBay, Yahoo ja Twitter valitsevat syvät neuroverkot, kun taas Spotify mieluummin konvoluutioneuroverkot, joista kerrotaan myöhemmin tässä tutkimuksessa. (Tyron 2021)

5.3.3 Automatisoitu koneoppiminen AutoML

Syväoppimiseen on myös kehitetty ominaisuus, jolla ohjelmistot voivat jo opettaa itse itseään. Tälle on annettu nimeksi AutoML. (Merilehto A. 58.)

”Joissain tapauksissa automatisoitu koneoppiminen, **AutoML**, on jopa onnistunut opettamaan koneoppimisen ohjelmistolle, **kuinka ohjelmoida koneoppimisen ohjelmistoja**. Joissain tapauksissa koneiden ohjelmoima tekoäly suoriutui annetuista tehtävistä paremmin kuin tutkijoiden suunnittelema tekoäly.” (Merilehto A. 59).

AutoML:n kyky ohjelmoida on tietenkin kehitysasteella ja se pystyy ohjelmoimaan vain yksinkertaisia tehtäviä. AutoML:ää pyritään kuitenkin kehittämään jatkossa siten, että se pystyy tekemään yksinkertaisia ja toistuvia ohjelmia, jotta ohjelmoijat pystyvät säästämään omaa työaikansa. (Merilehto A. 59.)

Olkoon tämä esimerkkinä siitä, mitä maailmassa ollaan kehittämässä. Tämänkaltaisen hypetys tuskin tulee kysymykseen käytännön sovelluksia suunnitteleville organisaatioille. Googlen toimitusjohtaja Sundar Pichai mukaan vain muutamat tekniikan ja matematiikan tohtorit pystyvät kehittämään näitä järjestelmiä (Merilehto 59).

5.3.4 Konvolaatioverkko

Konvoluutioneuroverkot (convolutional neural network, CNN) ovat neuroverkkojen alalaji, jotka ovat erityisen hyviä prosessoimaan kuvista koostuvaa dataa. Ne eroavat "normaaleista" neuroverkoista siten, että niiden joidenkin kerrosten neutronit eivät ole yhteydessä kaikkien seuraavien kerrosten neuronien kanssa. Konvoluutioneuroverkon syöte on kuva. Jokaisessa kerroksessa kuvaan käytetään filttäreitä. Konvoluutioneuroverkot ovat tehokkaita kuvallisen datan käsittelyssä, koska ne rajoittavat itsensä filtteröintiin, joka on käytännöllinen tapa käsitellä kuvadataa. (Merilehto A. 53.)

Konvoluutioverkkoa (CNN) voidaan pitää neuroverkkona, joka käyttää useita saman neuronin identtisiä kopioita. Tästä on se hyöty, että se antaa verkolle mahdollisuuden opettaa neuronin kerran ja käyttää sitä hyödyksi monissa paikoissa, mikä yksinkertaistaa mallin oppimisprosessia ja vähentää siten virheitä. Tämä on tehnyt CNN:stä erityisen hyödyllisiä objektien tunnistamisen ja kuvien merkitsemisessä. Kohteen tunnistamisessa CNN aloittaa raakapikselidatalla, josta se oppii vaihe vaiheelta aluksi reunat ja sen jälkeen perusmuodot, monimutkaisemmat muodot, kuvat ja lopuksi tekstuurit. (Waldron 2016)

Toisin sanoen Konvolaatioverkko on vain yksi muunnos neuroverkoista, jotka on suunniteltu kuvien tunnistamista nopeammin jakamalla tehtävät alitehtäviin, jotka voidaan suorittaa samanaikaisesti GPU prosessoreilla.

5.3.5 Vastavirta algoritmi

Vastavirta-algoritmiksi (back propagation) sanotaan neuroverkkoon mahdollisesti rakennettua takaisinkytkentämekanismia, jolla neuroverkko säätää itseään toimimaan aiempaa paremmin. Säätäminen perustuu vertaamalla neuroverkon tuottamaa tulosta opetusdatalla saatuun tulokseen. Näiden erotuksena syntyvä tieto virheestä välitetään edelliselle verkolle, joka laskee oman osuutensa virheen tuottamisesta ja pyrkii korjaamaan virheen jatkossa. Virheen korjaaminen täytyy ohjelmoida algoritmiin sisälle, muuten algoritmikaan ei sitä osaa tehdä. Tällä tavalla jokainen solmu saa tiedon virheestä ja virhe voidaan korjata päivittämällä painokertoimia. (Merilehto A. 54-55.)

5.3.6 Human In The Loop

Koneen ja ihmisen välinen vuorovaikutus todellisessa fyysisessä maailmassa sekä ihmisen osaamisen siirtäminen koneelle ovat alkaneet kehittyä tekoälyteknikoiden myötä. Taidot ovat toistaiseksi vielä puutteellisia, mutta ovat alkaneet kehittyä nopeasti käyttökelpoisuutensa vuoksi. (Kananen & Puolitaival 2019, 210)

Human in the loop (HITL) opetusmenetelmällä ihminen opettaa konetta paremmaksi ja paremmaksi. Kone kuuntelee ihmisen valintoja ja tallentaa ne muistiinsa seuraavaa kertaa varten. Kun sama kysymys toistuu, niin kone ei enää kysy ihmiseltä oikeaa vastausta, vaan osaa toimia oikealla tavalla edellisen kerran perusteella. Tällaista menetelmää joudutaan käyttämään, jos historiadataa ei ole käytettävissä tai mahdollisen virheen hinta on liian suuri. Tyypillisesti tällaista menetelmää käytetään myös tekoälyn rakennusprojekteissa. Ihmisen rooli pienenee tekoälysovellusta käytettäessä ja jonkun sopivan laatutason saavutuksen jälkeen ihminen voi lopettaa tekoälyn valvonnan ja antaa tekoälyn jatkaa työtänsä itsenäisesti. (Kananen & Puolitaival 2019, 211-212)

5.3.7 Syvävahvistusoppiminen

Syvävahvistusoppiminen (deep reinforcement learning, DRL) tarkoittaa koneen kykyä oppia itsenäisesti. Kone siis opettaa itse itseään esimerkiksi pelaamalla itseään vastaan ja kokeilemalla erilaisia strategioita halutun tavoitteen saavuttamiseksi. (Merilehto A. 24-25.)

Syvävahvistusoppiminen saattaa aluksi kuulostaa vähän yksinkertaiselta, mutta sen vahvuus on käydä todella iso määrä vaihtoehtoja läpi lyhyessä ajassa. Merilehto antaa kirjassaan hyvän esimerkin tietotekniikan voimasta tällaisessa tapauksessa. AlphaGo-nimisen ohjelman tarkoitus oli pelata Go-peliä ihmismestareita vastaan ja voittaa ihminen kyseisessä pelissä. AlphaGo:ta opetettiin antamalla sille 30 miljoonaa erilaista pelitilannetta 160 000 eri pelissä, joiden mukaan AlphaGo opetteli pelaamista ja strategiaa. Sen jälkeen AlphGo pelasi itseään vastaan niin paljon otteluita, että ihmisillä siihen olisi kulunut aikaa 3000 vuotta. (Merilehto A. 47.)

Syvävahvistusoppiminen on yhdistelmä perinteisestä vahvistusoppimisesta ja syväoppimisesta. Syväoppiminen on yksi koneoppimisen alalajeista ja siinä on kyse neuroverkoista. Syväoppiminen on tunnettu kymmeniä vuosia, mutta se on tullut käyttöön vasta nykyisten laskentatehojen aikakaudella. (Ravichandiran 2020, 7)

Google on kehittänyt alun perin tutkijoiden ja kehittäjien kirjaston nimeltään TensorFlow. Se tukee useita erilaisia alustoja, kuten Windows, Linux, Android ja macOS. TensorFlow tukee monenlaisia suoritinratkaisuja, kuten CPU, GPU,TPU, mobiileja ja sulatettuja järjestelmiä. Joustavuutensa ja helppokäyttöisyytensä vuoksi siitä on tullut suosittu tutkijoiden ja tiedemiesten keskuudessa. (Ravichandiran 2020, 8)

Edellä mainituista syvän vahvistusoppimisen hienouksista ei kuitenkaan ole vielä olemassa käytännön sovelluksia muualla kuin peleissä. Vuonna 2021 ilmestyneessä kirjassa ” TensorFlow 2 Reinforcement Learning Cookbook” kerrotaan tämä karu totuus, mutta annetaan suunnittelijoille hyviä esimerkkejä päästä alkuun kyseisen ongelman voittamiseksi. (Palanisamy 2020, 4)

Samassa kirjassaan Palanisamy kertoo kuitenkin, miten paljon potentiaalia syvä-vahvistusoppimisesta voisi olla esimerkiksi osakkeiden kaupankäynnissä, koska silloin saadaan kaikki tietokoneiden hyödyt käyttöön, kuten väsymättömyys, virheettömyys, kyky hallita suuria tietomassoja, sekä tunteettomuus. (Palanisamy 2020, 5)

Fyysisessä maailmassa toimiva Agentti on kuitenkin melkoisen riskialtis jopa hienoimmalla tekoälytekniikalla toteutettuna, koska se voi joutua fyysiseen onnettomuuteen. Onneksi todellisessakin maailmassa on olemassa runsaasti sovelluskohteita, joissa ei ole vaaraa fyysiseen maailmaan, kuten lentojen varaaminen, sähköpostien lajittelu sosiaalisen median tilien hallinta jne. Tekoäly voidaan opettaa käyttämään tietokonetta hiiri- ja näppäinkomentoja hyväksikäyttämällä, joten muut jäsenet internetissä eivät edes tiedä asioivansa tekoälyn kanssa. (Palanisamy 2020, 6)

Fyysisen maailman ongelma tulee lähelle tämänkin tutkimuksen aiheessa, koska LVC-harjoittelussa samassa fyysisessä maailmassa on mukana oikeita fyysisiä laitteita ja tekoälyn tuottamia Agenteja. Agentit ei sentään ohjaa fyysisiä laitteita, mutta voivat aiheuttaa häiriötä fyysiseen maailmaan joka voisi vaikkapa vaarantaa lentoturvallisuutta.

5.3.8 Meta Reinforcement Learning

Yksi tulevaisuuden lupaavista tekniikoista on niin sanottu Meta Reinforcement Learning, jolla pyritään pääsemään askel lähemmäksi yleistä tekoälyä Artificial General Intelligence (AGI). Tällä pyritään pääsemään eroon siitä, että jokainen asia tulee opettaa erikseen, jonka jälkeen tekoäly osaa vain ja ainoastaan kyseisen asian. Meta Reinforcement-tekniikka perustuu siihen ajatukseen, että se pyrkii tunnistamaan asiayhteydet lähellä toisiaan olevista asioista, jolloin se pystyy soveltamaan aikaisemmin oppimaansa uudessa ympäristössä. Yksi suosittu algoritmi tähän tarkoitukseen on nimeltään Model-agnostic Meta Learning (MALM). Käytännössä MALM etsii lähellä olevan opetusdatan ja alkaa parantamaan sitä tietyn sekvenssin mukaisesti. (Ravichandiran 2020, 15)

Vaikka Meta Reinforcement Learning ei olekaan saavuttanut tähän päivään mennessä vielä suuria voittoja, niin sitä pidetään lupaavana tulevaisuuden tekniikkana. Kyseinen tekniikka on kuitenkin käytettävissä jo heti tänään, jos halutaan kehittää kyseistä tekniikkaa hyödyntäviä sovelluksia. Meta Reinforcement Learning on pitkälti puhdasta matematiikka ja teoriaa, joten tutkimalla matematiikkaa ja teoriaa aiheesta, sekä etsimällä yhtäläisyyksiä sovelluskohteen ja teorian välillä, voidaan saavuttaa jonkinlaisia toimivia kokonaisuuksia. Kyseinen tekniikan osa-alue kehittyy vauhdilla, joten kannattaa myös seurata tieteellisiä julkaisuja, kuten esimerkiksi konferensseissa julkaistuja esityksiä. (Bilgin 2020,18)

5.3.9 Imitation Learning and Inverse RL

Esimerkin mukaan oppiminen (Imitation Learning and Inverse RL) tarkoittaa sitä, että oikea vaihtoehto löydetään seuraamalla expertin (opettajan) käyttäytymistä ja kopioidaan se Agentin käyttäytymiseksi. Esimerkin mukaan oppimista voidaan käyttää vaikkapa itseajavan auton opettamisessa, jolloin expertti (ihminen) ajaa tietyn reitin useaan kertaan ja expertin tekemät toimet tallennetaan opetusdatan. Sen jälkeen agentti voidaan opettaa ajamaan sama reitti samalla opetusdatalla. (Ravichandiran 2020, 15)

5.4 Tekoälyn tehokkuus ja kannattavuus

Tekoälyhankintojen yhteydessä tulee osata määritellä, kuinka hyvin tulevan tekoälysovelluksen tulee suoriutua tehtävästään. Mikäli tekoälytuote on huonosti määritelty, eikä siihen ole suunniteltu suorituskykyä mittaavia mittareita, toimittaja joutuu olettamaan asioita ja silloin riski epäonnistua on suurempi. Suurempi riski puolestaan aiheuttaa epävarmuutta projektin hintaa määriteltäessä, eikä toimittajille jää käytännössä muuta mahdollisuutta, kuin hinnoitella projekti sen mukaan, että riskit toteutuvat (hintaa nousee). On siis hankkijan etu, että sillä on riittävä tietotaito määritellä tekoälyn tarkkuus ja suorituskyky, jotta toimittaja voi laskea projektin hinnan mahdollisimman hyvin.

Huomattavaa on tietysti, että eri toimialoilla voi hyvinkin olla erilaisia suorituskykyvaatimuksia. Esimerkiksi lakitekstejä tulkitseva tekoäly tulee olla huomattavasti tarkempi, kuin vaikkapa ostosuosituksia tuottava tekoälysovellus. (Kananen & Puolitaival 2019, 61)

Tekoälyn suorituskykyä määritellessä on otettava huomioon käytettävä tekoälytekniikka. Perinteisin koneoppimisen menetelmien mukaan tehty tekoälysovellus ei tuota tarkempaa lopputulosta ajan kanssa, kun dataa kertyy enemmän (sovellus ikään kuin kyllästyy tietyssä vaiheessa, eikä lisädata tuota enää lisähyötyä). Toisaalta esimerkiksi syväoppimisen menetelmin tuotettu tekoälysovellus tarkentaa lopputulosta ajan saatossa datan määrän kasvaessa. Toisilla toimijoilla voi myös olla enemmän dataa käytössä jo alkuvaiheessa, joten he saavat siitä kilpailuetua kilpailijoihinsa nähden, vaikka muuten tekoälysovellukset olisivatkin tasavertaisia. (Kananen & Puolitaival 2019, 61-62)

Yksi paljon käytetty tekoälyn suorituskyvyn mittaaminen on tehty luokittelijan avulla, jossa tekoälyn tuottamat vastaukset on jaettu ryhmiin true positive, true negative, false positive ja false negative. Näiden tunnuslukujen avulla saadaan laskettua tarkkuuskerroin, joka ilmoittaa tekoälyn tarkkuuden. Tekoälyn tarkkuuden mittaamiseen on kuitenkin paljon erilaisia mittareita, mutta niitä ei lähdetä tässä työssä tämän tarkemmin esittelemään. Jokaiseen tekoälyprojektiin on kehitettävä juuri kyseessä olevaan tarkoitukseen soveltuvat mittarit. (Kananen & Puolitaival 2019, 174)

Tekoälysovelluksen suunnitteluvaiheessa on siis jo määriteltävä haluttu suorituskky ja se, miten suorituskkyä mitataan. Käytettävät tekoälytekniikat on siis valittava halutun suorituskvyn mukaisesti ja on huomioitava samalla, että halutaanko suorituskky heti käyttöön täysimääräisenä vai vasta myöhemmin datavarannon kasvettua riittävän isoksi. Simulaattorimaailmassa tuskin on saatavilla valmista dataa, joten täytyy keskittyä pitkällä aikavälillä kerättävän datan hyödyntämiseen. Edellisten kirjallisuudesta löytyneiden tietojen perusteella perinteiset koneoppimisen menetelmät ovat jo vanhoja tähän tarkoitukseen, joten tekniikan valinnassa täytyy ottaa huomioon, että se kykenee parantamaan vastaustaan niin kauan, kun uuttaa dataa kerätään.

Kun aletaan hankkimaan uutta tekoälytekniikalla tuotettua ohjelmistoa, niin riskien pienentämiseksi on edullista jakaa projekti pieniin osiin, jotta edellisestä projektista tulleet kokemukset ja uusi tietotaito voidaan hyödyntää seuraavissa projekteissa. Suurta massiivista tekoälyllä tuotettua järjestelmää ei siis ole järkevää edellisistä syistä johtuen hankkia kerralla, koska tosiasia on, ettei kukaan tiedä tarkalleen, miten esimerkiksi simulaattorin uhkaympäristössä toimivan agentin tulisi toimia. Helppoa olisi määritellä, että tehdään agentti, joka hoitaa kaiken saman, mitä ihminenkin – se ei vaan ole mahdollista.

6 TEKOÄLYSOVELLUKSET

Tämän kappaleen tarkoitus on pyrkiä luomaan katsaus tekoälyn kehitysnäkymiin, sekä esitellä tutkimuskohteen lähellä olevia sovelluskohteita. Sovelluskohteet on valittu sillä perusteella, että ne ovat jollain tavalla samanlaisia, kuin lentosimulaattorein uhkaympäristössä oleva agentti. Aiheet on luokiteltu teemoittain sisällysanalyysimenetelmän mukaisesti.

6.1 Tunnettujen tekoälyasiantuntijoiden ennustuksia

Tekoäly on saavuttamassa aikuisiän ja ohjelmistokehittäjät vievät markkinoille uusia mahdollisuuksia riskejä kaihtamatta. On yleisesti hyväksytty, että tekoäly on siirtynyt kehittyvästä tekniikasta valtavirran työkaluksi. Tätä tekniikkaa on kehitetty ja todistettu, ja siitä on tullut tuottava monenlaisilla aloilla - mutta mikä on tekoälyn tulevaisuus yrityssovelluksissa? Seuraavissa kappaleissa tekoälyn alan johtajat jakavat näkemyksensä tekoälyn tilasta vuonna 2021 ja suuntauksista, jotka asettavat suunnan tekoälyn kehitykselle lähivuosina. (Monocello, 2021)

6.1.1 Tekoäly tulee halvemmaksi ja helpommin saataville

Ohjelmistotoimittajat ja tekoälytoimittajat, kuten Google ja AWS, jatkavat tekoälyn käytön yksinkertaistamista käyttämällä matalakooditekniikoita. Vuonna 2021 esimerkiksi tekoälyllä toteutettu asiakirjojen käsittely tulee yleiseksi, sanoo teknologiajohtaja ja Appian-yhtiön perustaja Michael Beckely. (Monocello, 2021)

6.1.2 Tekoälyä hyödynnetään erikoistarkoituksiin yhä enemmän

Tekoälyinvestointien kasvaessa, yritykset ovat alkaneet sijoittamaan mieluummin kapealla sektorilla toimiviin tekoälytoteutuksiin, kuin yleiskäyttöisiin "mustiin laatikoihin", joiden väitetään tekevän kaiken. Kapealla sektorilla toimivat tekoälysovellukset, jotka ratkaisevat yksittäisiä ongelmia, asettuvat budjetoinnissa etusijalle "mustien laatikoiden" sijasta, kertoo 6sense-yhtiön teknologiajohtaja Viral Bajaria. (Monocello, 2021)

Laskentatehon, Internetistä saatavilla olevan datan ja nykyaikaisten koneoppimisalgoritmien yhdistymisen myötä ollaan tehty viime vuosina merkittävä aluevaltaus tekoälyn kanssa. Tulevina vuosina siirrytään kasvuhakuiseen aikakautteen, jossa prototyypit on pakattu ja tuotteistettu. Aletaan parantamaan nykyisiä tuotteita tai tekemään ne kokonaan uusiksi, raportoi tietojohdaja Dave Costenaro Capacity-yhtiöstä. (Monocello, 2021)

6.1.3 Katastrofiennuste tekoälyn avulla

Tekoäly on huipputrendi sellaisissa teknologioissa, kuten koneoppiminen ja isojen tietomassojen analysointi. Vuonna 2021 tarvitaan tekoälypohjaisia algoritmeja infektioiden leviämisen ennustamiseksi ja niiden mahdollisten vaikutusten mallintamiseksi, kuten se oli jo vuonna 2020 maailmanlaajuisen pandemian alkessa, kertoo Bohemia Interactive Simulations:in kehitysjohtaja Otakar Nieder. (Monocello, 2021)

6.1.4 Tuletko olemaan osa tekoälyn tulevaisuutta?

Vaikka tekoälyn käyttö on nyt levinnyt ja hyväksytty, tekniikka on edelleen elinkaarensa alussa. Markkinatutkimusyhtiö Gartner sijoittaa tekoälytekniikan vuoden 2021 strategisten huipputrendien joukkoon organisaatioiden pyrkiessä voittamaan haasteet projektien ylläpidossa, laajentumisessa ja hallinnoinnissa tuottaakseen yrityksille niiden tavoitteleman lisäarvon. Tekoälytekniikan vienti DevOps-prosessiin ("Aito DevOps on toimintakulttuuri, jossa asiakkaille tuotettava arvo sekä kehittäjien hyvinvointi kulkevat käsi kädessä. DevOps-kulttuuri rakentuu vahvaan luottamukseen, avoimeen vuoropuheluun sekä jatkuvaan parantamiseen, mikä luo hyvät edellytykset haluttujen palveluiden rakentamiselle." (Gofore Oyj, 2021)) mahdollistaa useiden tekoälypohjaisten ratkaisujen yhdistämisen. Gartner lisää, että organisaatiot vaativat myös enemmän avoimuutta tekoälyratkaisuilta. Tekoälyratkaisujen toiminta täytyy voida ymmärtää ja niiden täytyy noudattaa yrityksen ja teollisuuden vaatimuksia. (Monocello, 2021)

Bohemia Interactive Simulations:in kehitysjohtaja Otakar Nieder:in mukaan tekoälyohjelmistoa kehitetään jatkuvasti, eikä hän näe eksponentiaalista tekoälyn laajentamista tapahtuvan vielä seuraavan viiden vuoden aikana. Sen sijaan hän näkee asteittaista kehitystä monimutkaisten ongelmien ratkaisemisessa, mutta dramaattisia kehitysratkaisuja ei odoteta ennen vuotta 2025. (Monocello, 2021)

Bostonissa vuonna 2020 pidetyssä Dynamic Data Driven Applications Systems-konferenssissa asiantuntijat kertoivat, että suurin osa ilmailu- ja puolustusalan johtajistosta uskoo tekoälyn tulevan jollain tapaa jokaiseen toimintaan mukaan seuraavan vuosikymmenen kuluessa. Tämä johtuu ihmisen rajallisuudesta tietomassojen kasvaessa edelleen. Sen vuoksi hallituksien on otettava käyttöön tekoälysovellukset tietomassoista syntyneen ongelman voittamiseksi. Samoin kaupallinen ilmailu etsii tekoälysovelluksista apuja mm. polttoaineen kulutuksen vähentämiseksi, asiakaspalvelun parantamiseksi, sekä lentäjäkoulutuksen nopeuttamiseksi. (Darema, Blach, Ravela & Aved 2020, 356)

Edellisistä huippuosajien kommenteista voidaan päätellä, että vain harvat toimijat ovat tähän mennessä oppineet luomaan jotain hyödyllistä tekoälysovelluksien avulla. Siitä huolimatta he ovat jättiharppauksen edellä niitä, jotka eivät ole edes aloittaneet tekoälyprojekteja. Lähes kaikki artikkelit korostavat tekoälyn hienoa tulevaisuutta, jolla näyttäisi olevan lähinnä mainostuksellista tarkoitusta. Todella vähän on artikkeleita, jotka kertoisivat pieleen menneistä sovelluskohteista, taikka vanhaksi jääneestä tekoälytekniikasta.

6.2 Microsoft Flight simulaattorin tekoälysovellukset

Microsoft Flight Simulator-yhtiön johtajan Jorg Neumann:in mukaan Microsoft Flight Simulator:iin pystytään nykyisin siirtämään satelliittikuvista tekoälyn avulla 2,5 Petatavun tietomassasta dataa lentosimulaattorin virtuaalimaailman visuaalin rakentamiseen. Samoin tekoälyn avulla voidaan muodostaa reaaliaikainen sää lentosimulaattoriin. Simulaattoriharrastajat voivat esimerkiksi lentää hurrikaaniin reaaliajassa. Francaise-yrittäjät toivovat tarkkaa visuaalia erityisesti VFR lentämisen vuoksi. Mitä tarkempi maaston mallinnus, niin sitä tarkemmin lentäjä voi

hahmottaa oman asentonsa ja paikkansa virtuaalimaailmassa visuaalin avulla. Ping Maps tietokannassa oli ongelma, koska se on kaksiulotteinen, eikä sen vuoksi sovellu lentämiseen, joten siitä muokattiin kolmiulotteinen Microsoftin Azure tekoälyohjelmistolla. Sama ohjelmisto pystyy tuottamaan lennonjohtajan puheen tekoälytekniikan avulla. Azure otettiin mukaan pelin kehittämiseen vuonna 2016 ja sen jälkeen koneoppiminen on laajentunut pelissä huimaa vauhtia. Kaikki tekoäly perustuu isoihin tietomassoihin, joita voi olla vain (data) pilvessä. Huomattavaa tässäkin on, ettei tekoäly voi olla parempi kuin opetusdata, jolla tekoäly opetetaan.

Microsoft Flight Simulator jakaa maapallon ilmakehän 250 miljoonaan laatikkoon ja tarkkailee säätä reaaliajassa jokaisessa laatikossa erikseen. Dataa on paljon tarjolla, mutta vielä ei ole tietoa, kuinka sen kaiken voisi käyttää hyväkseen. (Hardawar D. 2020)

Datan tallentaminen pilveen ei tule onnistumaan sotilaskäyttöisissä simulaattoreissa kovinkaan helposti tietoturvaan liittyvistä syistä. Sen vuoksi tarvitaan investointeja myös omiin tallennusvälineisiin ja tiloja tallennusvälineiden sijoitteluun. Microsoftin käyttämä koneella tuotettu lennonjohto on mielenkiintoinen aihe, koska vastaavaa ominaisuutta voitaisiin käyttää simulaattorimaailmassa lentävään agenttiin, jotta se osaisi tuottaa puhetta ja ymmärtäisi puhetta.

Microsoft päivittää Microsoft Flight Simulator pelin visuaalin tietokantaa Japanissa mukaan lukien 6 kaupunkia, sisältäen myös Tokion. Päivityksessä on myös lisätty käsintehtyjä korkearesoluutioisia lentokenttiä ja 20 uutta maamerkkejä. (Souppouris A. 2020)

Yllä olevat uutiset kertoo Microsoftin uusimpia tuulia tekoälyn maailmassa. Huomattavaa näissä kuitenkin on, että tässäkään tapauksessa ei voida puhua aidosta oppivasta tekoälystä, koska järjestelmä ei näyttäisi oppivan mitään itse käytön aikana. Tekoälyn sijasta voisi olla parempi käyttää nimitystä ”Algoritmien parantaminen saadun kokemuksen perusteella”. No tämä olikin vain pieni otos kyseisen pelin kehitysnäkymistä. Microsoftin uutisia on kuitenkin hyvä seurata, koska se tekee tuotettaan todella isolla budjetilla ja pysyäkseen maailman johtavien kaupallisten lentosimulaattoreiden tuottajien kärjessä, senkin on otettava tekoäly käyttöön mahdollisimman tehokkaasti.

6.3 Pelikonsolien tekoälysovellukset

Eurogamer EA:n päällikkö Andrew Wilson:in mukaan tulevassa Battlefield 6 julkaisussa hyödynnetään uudempia laitteistoja fysiikan, tekoälyn ja "mukaansa-tempaavan luonteen" parantamiseksi (Fingas 2021). Toisin sanoen yli 100 miljoonaa pelikonsolia myynyt yhtiö on vasta tuomassa tekoälyä peleihinsä. Yhtiö ei ole nähtävästi vielä kovinkaan pitkällä tekoälysovelluksissa, mutta on jo vakuutunut tekoälyn tuomista eduista ja lupaa tuoda sen markkinoille.

6.4 Bohemia Interactiven tekoälykuulumiset

Bohemia Interactiven (BISim) VBS tuoteperhettä käytetään sotilaiden koulutukseen 59 maassa ja heidän tuotteillaan on koulutettu satoja tuhansia sotilaita maailmassa. VBS tuotteilla voidaan tehdä luokahuoneeseen käyttöliittymiä koulutettavien sotilaiden käyttöön. Käyttöliittymillä sotilaat voivat toimia virtuaalisessa maailmassa, kuten tietokonepeleissä. Bohemia Interactive on ollut NATO:n kanssa yhteistyössä yli 15 vuoden ajan ja he ovat kasvaneet 190 ohjelmistoinstööriin yritykseksi, sanoo yhtiön perustaja ja kaupallinen johtaja Pete Morrison. (Morrison 2020)

VBS Technology Conference:ssä 28. - 30.4 2020 BISim:in yksi tekoälyn johtavista kehittäjistä, Martin Kolombo julkaisi uuden VBS Control AI:in, uuden tekoälyn, joka sisältyy VBS4:ään ja tukee jatkossa VBS4:n tekoälyä. Esitelty tekoäly tukee VBS4:n maastossa reittisuunnittelua virtuaalisen maaston läpikulkemiseen. Hän esitteli myös, miten jalkaväen yksiköt reagoivat vihollisen tulitukseen. (Kolombo 2020)

VBS Technology Conference:n kolmantena konferenssipäivänä Ryan Binns, BISim:in johtava SDK kehittäjä esitteli 2 liityntärajapintaa, jotka ovat VBS Simulation SDK ja VBS IG SDK. VBS Simulation SDK:n tarkoitus on liittää tekoälytuotteita suoraan pelimoottoriin. Mark Dzulko esitteli puolestaan kolmannen osapuolen tuottaman PedSim tekoälyohjelmiston, joka on integroitu VBS:ään VBS Simulation SDK -liittymän avulla. PedSim-ohjelmassa 2500 tekoälyllä luotua ihmisolioita kulkee San Franciscon katuja huomioiden toisensa törmäilemättä toisiinsa.

Lisäksi Tim Turcich esitteli virtuaalimaailman ja todellisen maailman yhdistämiseksi tehdyn demon käyttäen VBS IG SDK:ta, jossa virtuaalinen ajoneuvo ajoi todellisessa maailmassa samalla, kun todellisen maailman rakennus loi virtuaalisen varjon ajoneuvon ylle. (Binns, Dzulko, & Turcich, 2020)

Edellä mainitun konferenssimateriaalin avulla voidaan päätellä, että isotkaan ohjelmistotuottajatkään eivät ole innokkaita tekemään lopullisia tekoälytuotteita, vaan tarjoavat rajapintoja eri käyttäjämaiden kolmansille osapuolille, jotta he voivat tehdä kansallisia ratkaisuja lopullisen tuotteen suhteen. Tämä sopii erityisen hyvin Suomelle, joka ei myöskään halua jakaa sotilaskoulutukseen tarkoitettujen koulutusvälineiden herkimpiä asioita muulle maailmalle, joten rajapintoja on käytettävissä ja niitä kehitetään jatkossakin.

Bohemia Interactive Simulations' (BISim) kertoo elokuussa 2020 tiedotteessaan tulevasta VBS4 20.1-sotapelistään, että se tukee tuhansia tekoälyentiteitä (BISim 2020). Artikkelissa ei kuitenkaan kerrota, että miten tekoäly on toteutettu. Tässä tullaan taas kysymykseen, että miten tekoäly ymmärretään missäkin yhteydessä. Ainakin mainostamismielessä tekoälyä on jo hyödynnetty ja saattaa niin olla tässäkin tapauksessa.

6.5 Modern Air Combat Simulator (MACE)

Tässä tutkimuksessa jo aikaisemmin mainittu Modern Air Combat Simulator (MACE) ei valmistajansa Battlespace Simulation Incorporation sähköpostilla saadun tiedustelun perusteella tarjoa valmiita tekoälysovelluksia, vaan tuottaa liittytärarajapintoja asiakkaiden omia sovelluksia varten.

Yhdysvaltalainen ohjelmistoyritys Discovery Machine Inc. (DMI) kertoo sivuillaan valmistavansa älykkäitä agenteja muun muassa MACE:een. Agenteilla DMI tarkoittanee juuri tutkimuksen kohteena olevia tietokoneella luotuja ohjaajia esimerkiksi lentokoneeseen. Samoilla internetsivuillaan yhtiö mainitsee kyseisten agenttien tuottamiseen tarvittavan tietotaidon saamisen vaikeuden, koska erityisesti vihollisten käyttäytymiseen liittyvä materiaali on luokiteltu tietoturvan osalta niin korkealle, ettei kaupalliselle yhtiölle näitä tietoja helposti anneta. (Discovery Machine Inc. 2021)

Vihje yllä olevan yhtiön olemassaolosta saatiin sähköpostitse Battlespace Simulation Inc. -yhtiöltä. DMI ei kuitenkaan ollut halukas käymään enempää keskustelua tuotteestaan, vaikka sinnekin sähköpostia aiheesta lähetettiin. Tämä kuitenkin varmisti sen, että muuallakin tähän tutkimukseen liittyvää asiaa on mietitty ja yhtiökin aiheen ympärillä jo toimii.

6.6 Northrop Grumman

Northrop Grumman on urauurtava yritys, joka suunnittelee, kehittää ja rakentaa maailman edistyneimpiä tuotteita huippuluokan lentokoneista ja seuraavan sukupolven avaruusaluksista aina kyberturvallisuus- ja tutkajärjestelmiin (Northrop Grumman 2021). Sen vuoksi on olennaista luoda katsaus myös tämän yhtiön uusimpiin tekoälyä käsitteleviin uutisiin.

Northrop Grumman julkaisi elokuussa 2020 saaneensa sopimuksen Yhdysvaltalaisen U.S. Defense Advanced Research Projects Agency:n (DARPA) kanssa Gamebraker-ohjelmasta. Tämä innovatiivinen ohjelma pyrkii kehittämään tekoälyä nykyisiin reaaliaikaisiin strategiapeleihin. Tekoälyn hyväksikäyttö voisi parantaa sotilaallista strategiaa, sanoo Northrop Grummanin tekoälykyvykkyyksien ja edistyneiden teknologioiden laboratorion johtaja Susan Wilson. Susan Wilson jatkaa vielä, että ”tutkimme, kuinka voimme käyttää hyväksemme näitä menetelmiä tulevaisuudessa”. (Northrop Grumman 2020)

Huomattavaa tämänkin yhtiön uutisoinnissa on, että sekin on vasta saanut tutkimusohjelman voimaan ja on alkanut miettiä tekoälyn tulevaisuudessa tuomia etuja toiminnalleen. Northrop Grumman:in tavoite näyttää kuitenkin olevan jo strategian kehittäminen tekoälyn avulla, eikä pelkästään sen toteuttaminen. Tämä on hyvin mielenkiintoinen seikka ja voisi sopia hyvin kenen tahansa sotilaallisen toimijan keinovalikoimaan kehittää strategioita kehittävä tekoälyjärjestelmä.

7 TUTKIMUSAINEISTON KÄSITTELY

Tämän kappaleen tarkoitus on tehdä yhteenveto löydetyistä tutkimusaineistosta. Tutkimustyön asetukseen liittyvät tutkimussuunnitelma, tutkimusstrategia ja menetelmät, sekä tutkimuksen kohteena oleva simulaattorijärjestelmä on esitetty kappaleissa 2. – 4.

Tutkimuksen lähtökohtana oli kiinnostus tekoälyä kohtaan, sekä sen mahdollinen hyödyntäminen lentosimulaattorikoulutuksessa tietokoneella luodun agentin käyttäytymiseen liittyen. Tutkimusstrategiaksi valittiin kvalitatiivinen (laadullinen) menetelmä, koska kyseisestä aiheesta ei ole saatavilla numeerista aineistoa juuri lainkaan.

Aineiston keruu

Tutkimuksen aineisto kerättiin etsimällä internetistä aihetta koskevia julkaisuja, lehtiartikkeleita, sekä tekemällä hakuja Tampereen yliopiston kirjaston hakukoneeseen. Aineiston analyysimenetelmänä käytettiin sisällön analyysiä, jotta aineisto saatiin ryhmiteltyä aihealueisiin, joiden perusteella edettiin kohti vastausta tutkimuskysymykseen.

Tutkimusprosessi

Koska tutkimuksen kohde oli täysin uusi, eikä aiheeseen liittyvät alaotsikot olleet alun perin tiedossa, niin tutkimusprosessi ei ollut kovinkaan suoraviivainen. Uusien aiheiden ilmaannuttua jouduttiin palaamaan tutkimusprosessissa alkuun yhä uudelleen, jotta voitiin selvittää uuden löydöksen vaikutus kokonaisuuteen. Tätä kehää kiertäen useaan kertaan tutkimusaineistoksi valikoitui sellainen minimimäärä tietoa, jolla saataisiin tutkimuksen lopputulos aikaiseksi. Lopputulos määriteltiin opinnäytetyölle alun perin niin, että sen on oltava jollain tavalla konkreettinen ja hyödyllinen myös työn tilaajan kannalta.

Simulaattorijärjestelmän esittely

Tutkimuksen kohteen alusta (ympäristö), eli lentosimulaattorit esiteltiin työssä siinä laajuudessa, kuin se on tarpeellista, jotta tutkimuksen kohteen käyttöpaikka ja tarkoitus selviää. Tarkempi simulaattoreiden esittely rajattiin tutkimuksen ulkopuolelle.

Tekoäly yleisesti

Itse tutkimus aloitettiin selvittämällä tekoälyyn keskeisesti liittyvää termistöä ja sitä, mitä tekoäly yleensä ottaen tarkoittaa. Tutkimuksessa selvisi, että kyseessä on ihan perinteinen matematiikka, jota voidaan hyödyntää entistä tehokkaammin uusien tietokoneiden ja niiden grafiikkakorttien ansiosta. Tekoäly ei ole nimestään huolimatta mitenkään ihmisen älykkyyteen verrattavissa, vaikka ihmisen kaltaista älykkyyttä tekoälyllä yritetään tavoitella. Tutkimuksessa päästiin lopputulokseen, että tekoälyä voidaan käyttää tietokoneohjelmasta, joka tulee älykkäämmäksi ajan saatossa tai jolle voidaan opettaa asioita. Tutkimuksessa selvisi myös, että nykyisin eletään vielä niin sanottua heikon tekoälyn aikaa, jolloin tietokoneet pystyvät suorittamaan vain yksittäisiä tarkasti rajattuja kokonaisuuksia, eikä ne osaa soveltaa oppimaansa uuteen ympäristöön.

Tekniikan kehittyminen pyrkii viemään tekoälyä kohti vahvaa tekoälyä, jolloin koneet oppisivat opettelemaan itsenäisesti. Tähän tehtävään tutkijat ovat alkaneet pitää ihmisaivotutkimusta esikuvana vahvalle tekoälylle. Voidaan sanoa, että tutkijat pyrkivät kehittämään tekniikkaa kohti vahvaa tekoälyä, mutta eivät tule saavuttamaan sitä vuosikymmeniin, joten jätetään haaveet vahvasta ekoälystä tämänkin tutkimuksen ulkopuolelle.

Tekoälystä käytetään yleisesti myös nimitystä koneoppiminen. Ero koneoppimisen ja tekoälyn välillä on häilyvä, joten tässä tutkimuksessa rajattiin koneoppimiseksi sellainen koneen opettaminen, joka tapahtuu opetusdatan avulla. Tämä määrittely ei ehkä pidä paikkaansa kovinkaan pitkälle muualla tiedemaailmassa, joten näihin termeihin on kuitenkin suhtauduttava varauksella.

Ohjattu oppiminen, ohjaamaton oppiminen ja vahvistusoppiminen.

Tekoälyn jakaminen opetustavan mukaan kolmeen pääryhmään näyttää olevan yleisesti käytetty jako ja se sopii hyvin ainakin tekoälyprojektin suunnitteluvaiheessa, koska heti alussa tulee tietää, onko käytettävissä opetusdataa vai halutaanko kehittää itsestään oppiva järjestelmä, jota ei tarvitse kouluttaa. Näyttäisi kuitenkin siltä, että lentokonetta lentävän agentin käyttäytymiseen tähtäävä ohjelmisto tulee käyttämään kuitenkin kaikkia kolmea tapaa.

Algoritmi

Tekoäly toteutetaan kirjoittamalla ohjelmakoodia, joita voidaan kutsua myös algoritmeiksi. Algoritmi on yksityiskohtainen kuvaus siitä, miten joku tehtävä suoritetaan. Algoritmi on hyvin vakiintunut nimitys, eikä sille löytynyt tutkimusaineistosta toista termiä.

Data science

Data Science on tärkeä osa tekoälyä, koska sen avulla määritellään datastrategia, -muoto, -kerääminen, -varastointi, -käyttäminen ja -visualisointi.

Tutkimuksen alkuvaiheessa ei ollut kunnollista käsitystä Data Science:n tärkeydestä tekoälyyn liittyen, joten siitä kerättiin vain tärkeimmät perusperiaatteet tähän raporttiin, jotta tiedostetaan sen olemassaolo. Tarkempi Data Science:n tutkiminen todettiin liian isoksi kokonaisuudeksi tähän opinnäytetyöhön, joten se rajattiin työn ulkopuolelle.

Tekoälytekniikat

Itse tekoälytekniikoita tutkimukseen löytyi riittävästi. Vaikeampi asia on sitten määrittellä, mikä sopii mihinkin tehtävään pelkän kirjallisen tiedon perusteella.

Neuroverkot ja niiden erilaiset sovellukset ovat tehokkaita kuvien tunnistamisessa ja siksi hyvin käytännöllisiä myöskin agentin tekemää tähystämistä ajatellen, jotta agentti kykenisi tähystämällä havaitsemansa asiat suurin piirtein yhtä hyvin kuin ihminenkin sen tekisi. Mikä neuroverkon laji sitten sopii mihinkin tilanteeseen, riippuu käyttökohteesta ja saatavilla olevista algoritmeista, sekä kyvykkyydestä tuottaa itse algoritmeja.

Human In the loop -menetelmä vaikuttaa hyvin sopivalta tavalta opettaa agentille oikeaa tapaa toimia. Toinen lähes vastaava tekniikka on tutkimuksessa mainittu Imitation Learning, jossa samaa periaatetta noudattaen agentti oppii esimerkistä ja pyrkii jatkossa toimimaan opettajana tavoin.

Syvävahvistusoppiminen pitää sisällään koneen kyvyn oppia itsenäisesti neuroverkkoja ja vahvistusoppimista yhdistellen. Agentin ohjaamiseen syvävahvistusoppiminen ei todennäköisesti sovellu kovin hyvin, koska se ei osaa yhdistellä asioita toisiinsa, eikä sen vuoksi pysty toimimaan uudessa oudossa ympäristössä kovinkaan tehokkaasti. Sen sijaan numeerisen tiedon louhintaan syvävahvistusoppiminen sopii paremmin ja sille voi kyllä löytyä käyttöä myös agentin ohjaamiseen.

Meta Inforcement Learning:in uskotaan olevan seuraava kehitysaskel kohti toimivan agentin ohjaamista, koska Meta Inforcement Learning:ssa pyritään tunnistamaan asiayhteydet ja liittämään asiat toisiinsa niiden avulla. Tällä tavalla saadaan jo opittua asiaa hyödynnettyä uudessa tilanteessa. Vaikka Meta Inforcement Learning ei ole vielä saavuttanut merkittäviä voittoja, niin sitä pidetään lupaavana tekniikkana tulevaisuudessa. Meta Inforcement Learning:in ympärille on myös kehitetty uutta standardia IEEE p2881. Standardin lähempi tarkastelu rajattiin kuitenkin tämän tutkimuksen ulkopuolelle työmäärän vuoksi.

Tekoälyn kannattavuus

Tekoälyprojekti ei ole itseisarvo, eikä se välttämättä ole kannattavaa käytännössä, jos sen rakentamiseen tehty panostus ei tuota haluttua lisäarvoa. Tekoäly voi myös vaikuttaa teoriassa toimivalta, mutta teoriasta käytäntöön siirrettynä projektista voikin tulla pettymys. Sen vuoksi tekoälyä mittaavat parametrit tulee määritellä jo projektin suunnitteluvaiheessa ja on tärkeää ymmärtää, että odotetaanko tekoälyltä suorituskkyä heti käyttöönoton jälkeen vai vasta myöhemmässä vaiheessa, kun opetusdataa on kertynyt riittävästi.

Tekoälyn sovelluskohteet

Tekoälyä on onnistuttu käyttämään onnistuneesti monissa sovelluskohteissa, mutta käytännössä tekoäly on vielä kehityksensä alkuvaiheessa. Varsinkin agentin synnyttäminen on monesti vielä alkutekijöissään. Tekoäly on tähän mennessä lyönyt itsensä läpi mainos- ja markkinointisovelluksissa isommassa mittakavassa, mutta tämä tutkimuksen kaltaisiin aiheisiin sovelluksia ei ole vielä saatavilla. Itseajavat autot lienee kehityksessä kaikista pisimmällä.

8 SIMU AI Business Model Canvas

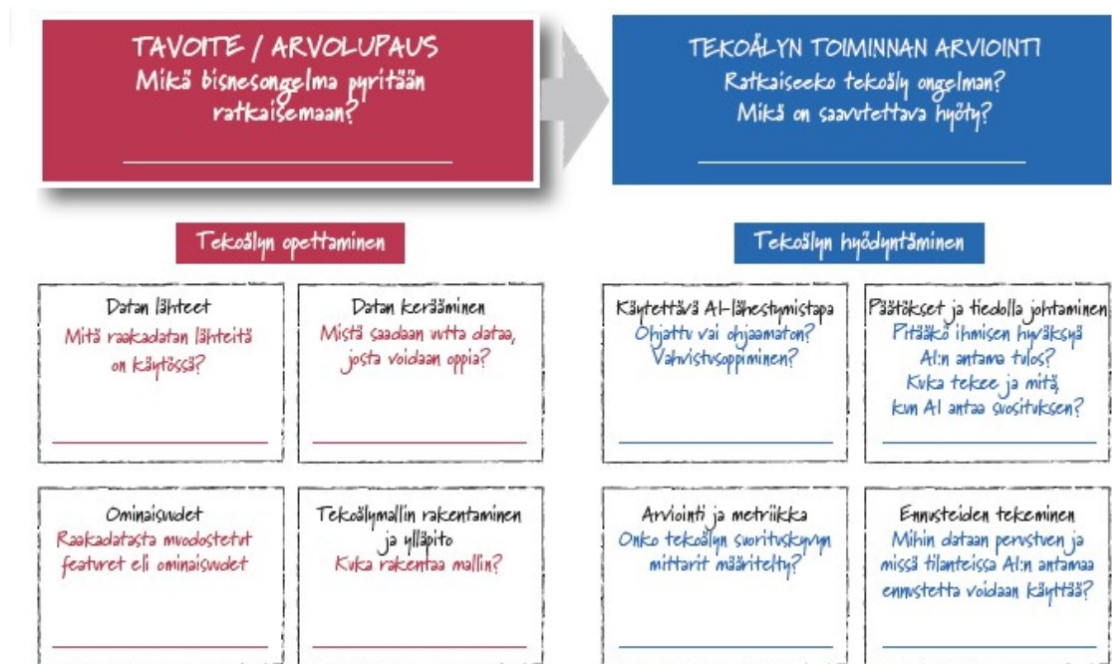
Tekoälyprojektissa aloitus on vaikea tehtävä, kun ei vielä tiedetä tekoälyn soveltuvuutta kyseiseen ongelmaan. Alkuun päästään kirjaamalla muistiin ajatuksia ja ideoita sekä keskustelemalla niistä toisten asiantuntijoiden avulla, jotta kaikilla on samanlainen käsitys siitä, mitä ongelmaa tekoälyprojektissa ollaan ratkaisemassa. (Kananen & Puolitaival 2019, 66)

Tekoälyprojektissa päästään siis alkuun tuomalla julki ajatuksia ja tarpeita, jotta kaikilla on samansuuntainen käsitys siitä, mitä tekoälyä hyödyntämällä voitaisiin toteuttaa ja miksi. Usein käy niin, että operatiivista työtä tekevät ammattilaiset eivät ehdi keskittyä paljoakaan niihin koulutusvälineisiin, joilla heidätkin on koulutettu. Samaan aikaan koulutusvälineitä kehittävät organisaatiot eivät tiedä paljoakaan käytännön työstä, jota koulutusvälineillä koulutetut ammattilaiset tekevät.

Kuten aiemmin mainittu, ei ole järkeä simuloida kaikkea mahdollista, koska se olisi mielettömän työlästä, eikä tulisi koskaan valmiiksi. Koulutusvälineiden simulaatioiden kannalta on olennaista ymmärtää koulutuksen tavoitteet ja rakentaa simulaattori niiden tarpeiden tyydyttämiseksi. On myös ymmärrettävä, että lentokoulutukseen käytettävät simulaattorit ovat sitä spesifimpiä, mitä lähemmäs menään hävittäjäkoneiden simulointia. Lentämisen alkeet ovat kutakuinkin kaikille yhteiset ja sen vuoksi alkeiskoulutukseen tarkoitettuja simulaattoreitakin on enemmän sarjatuotannossa. Hävittäjien käyttö on jokaisen valtion omaa tutkimustyön tulosta ja sillä tuotetaan vahvuuksia hävittäjätoiminnassa. Tämän vuoksi ongelmaksi jää määritellä, mitkä ominaisuudet täytyy välttämättä simuloida ja mitkä voidaan jättää pois, jotta koulutusvaatimukset saadaan täytettyä.

Ongelman selättämiseksi on tärkeää kerätä käytännön työntekijöiltä niiden tarpeita ja ajatuksia heidän työstään verrattuna koulutusvälineiden kykyyn kouluttaa heille tarvittavat valmiudet. Lähtökohtana tulisi olla, että kaikki tarvittava pitäisi voida simuloida koulutusvälineillä ja mieluummin reaaliajassa niin, että reaali-maailman tilanne kokonaisuudessa voitaisiin kopioida simulaattoriin nopeasti ja kokeilla ensin simulaattorissa, mitkä vaihtoehdot ovat parhaita. Ja tietysti vielä parempi niin, että simulaattorilla voisi kokeilla tietyt vaihtoehdot muun muassa älyteknologian tuomilla työkaluilla sekunnin murto-osassa itsekseen ja antaa käyttäjälle vastaus nopeasti parhaasta vaihtoehdosta. Reaalimaailmassa tällaiseen kuluu paljon aikaa tai ei voida tehdä lainkaan lentorajoituksista yms. joh-tuen.

Toiveiden ja tarpeiden toteutettavuus ja kannattavuus arvioidaan tässä tutkimuksen yhteydessä kehitetyn SIMU AI BMC (Simulator AI Business Model Canvas) -menetelmän avulla, joka esitellään tässä luvussa. SIMU AI BMC menetelmä on kehitetty Kananen ja Puolitaipaleen kirjassa ”Tekoäly -Bisneksen uudet työkalut” -esitellyn AI BMC:n pohjalta. Kuvassa 6. on lainaus alkuperäisestä kirjassa olevasta AI BMC:stä.



Kuva 6. AI BMC (Kananen & Puolitaival 2019, 66)

Kananen & Puolitaival lähestyi kirjassaan tekoälyä markkinoinnin tarpeista lähtien ja näin ollen kyseisiä ajatuksia ei voi sellaisenaan käyttää tämän tutkimuksen kohteena olevan konstruktiivisen agentin kehitystyöhön. Jotta edellä mainitun kaavion avulla voitaisiin luoda uusia agenteja, niin kaaviossa esitetyt kysymykset kaipaavat tarkentavia lisäkysymyksiä, jotka puolestaan poikkeuttavat kaaviota alkuperäistä tarkoituksestaan, ja sen vuoksi myöhemmin lisäkysymyksin esitetystä kaaviosta käytetään nimitystä SIMU AI BMC.

Tutkimuksen aikana kehitetty AI SIMU BMC on esitetty Taulukossa 1. sisältäen tarkentavat lisäkysymykset, joihin tulee etsiä vastaukset tekoälyprojektin alkuvaiheessa. jonka mallina on siis käytetty Kananen & Puolitaival kirjassa esitettyä AI BMC:tä. Taulukon jälkeen jokaisesta lohkosta on kerrottu tarkemmin.

Taulukko 1. SIMU AI BMC

AI SIMU BMC			
TAVOITE / ARVOLUPAUS		TEKOÄLYN TOIMINNAN ARVIOINTI	
Mikä bisnesongelma pyritään ratkaisemaan?		Ratkaiseeko tekoäly halutun ongelman?	
		Mikä on saavutettava hyöty?	
Datan Lähteet	Datan kerääminen	Käytettävä AI-lähestymisdata	Koneen tuottamat päätökset
Mitä raakadatan lähteitä käytössä / olemassa?	Mistä saadaan uutta dataa, josta voidaan oppia?	Ohjattu vai ohjaamaton?	Kuka tekee ja mitä, kun AI antaa suosituksen?
Kuka datan omistaa?	Voidaanko dataa kerätä määrällisesti enemmän?	Vahvistusoppiminen?	Pitääkö ihmisen hyväksyä AI:n antama tulos?
Mitä organisaation ulkopuolisia datan lähteitä mahdollisesti voidaan hyödyntää?	Missä data on ja millaisessa muodossa se on?	Olisiko neuroverkko hyvä ratkaisu	Onko hallinnolliset ja operatiiviset prosessit kuvattu sen mukaan, että kone voi päättää?
Mikä on datan tekninen formaatti?	Onko kustannukset datan keräämisestä sekä tekoälyn kehittämisestä ja ylläpidosta ymmärretty ja selvitetty?	Onko jo olemassa toimiva algoritmi, jota muokkaamalla saadaan tarkoitukseen sopiva?	Kun analytiikka antaa konkreettisen ehdotuksen tehtävästä toimenpiteestä, kuka toteuttaa sen ja miten?
Minne data on varastoituna ja pysyyhän se hallinnassa vaikka sitä käytetään?	Onko dataa jo tarpeeksi saatavilla?	Ilmaiset työkalut ohjelmistojen rakentamiseen?	Millainen on nykyinen päätöksentekojärjestelmä?
Onko data rakenteellista vai ei-rakenteellista?		Valmiit tekoälytuotteet?	Mitä dataa käytetään päätöksenteossa tällä hetkellä?
Onko datan visualisointia tehty (trendit, ryhmittelyt, poikkeavuudet näkyviin)?		Onko jotain osaa jo testattu valmiiksi?	Millaisia vaikutuksia päätöksellä olisi muihin prosesseihin?
Onko datan tulkinta yksiselitteistä?			Kysytäänkö ihmiseltä ratkaisua epätavallisista tapauksista, joita kone ei kykene ratkaisemaan?
Mitkä ovat alan yleisesti hyväksytyjä golden datasettejä?			
Ominaisuudet	Tekoälymallin rakentaminen ja ylläpito	Arviointi ja metriikka	Ennusteiden tekeminen
Raakadatan muodostetut featuret eli ominaisuudet.	Kuka rakentaa mallin ja kenellä on oikeudet malliin?	Onko tekoälyn suorituskyvyn mittarit määritetty?	Mihin dataan perustuen ja missä tilanteissa AI:n antamaa ennustetta voidaan käyttää?
Mitä raakadatan johdettuja ominaisuuksia on jo käytössä?	Mitä osaamista mallin rakentamiseen tarvitaan?	Onko projektin takaisinmaksuaika määritetty?	Pitääkö ihmisen hyväksyä AI:n antama ennuste?
Ihmisen työpanoksen siirtäminen tietokoneelle?	Pyritäänkö rakentamaan tekoälymalli, joka ennustaa vai ymmärtää ilmiön taustasyyn?	Onko investoinnin panostus-tuottosuhde järkevä?	Tarvitaanko visualisointia auttamaan ja näkemään kehityssuunta?
Aiotaanko mallin tulos visualisoida?	Tarvitaanko malli, joka oppii ajan myötä tarkemmaksi?	Mitä muita uusia ilmiöitä voitaisiin mitata?	Millä perusteilla tekoäly päättyi antamiinsa ennusteisiin, "selkoäly"?
Minkä tarkkaan rajatun ongelman tekoäly ratkaisee?	Onko nykyiset toimintamallit kuvattu?	Mikä on mallin tarkkuusvaatimus?	
Voidaanko ongelma ratkaista ilman tekoälyä?	Onko tietoturva ja GDPR huomioitu tekoälymallissa?		
Ymmärtääkö loppuasiakas tarpeet ja preferenssit?	Miten/mistä löydetään aineistoa parhaiten kuvaava matemaattinen malli?		
Onko edes teoriassa mahdollisuus tuottaa hyvää ratkaisua tekoälyn avulla?	Ostetaanko algoritmi palveluna vai tehdäänkö itse?		
Nykytilanne ja tavoite?	Onko kyseessä luokitteluongelma (klassifikaatio) vai määrämalli (regressio)?		
	Takaisinmaksuaika (raha, työtunnit, ihmishenget, kalusto/ negatiivinen todistaminen)?		
	Miten satunnaisuus (stokastisuus) on huomioitu?		
	Voidaanko malli ottaa käyttöön jo tänään vai täytyykö odotella jotain muuta valmistuvaksi ensin?		
	Miten malli otettaisiin käyttöön: sovittamalla olemassa olevaan järjestelmään vai vaaditaanko uusia toiminnallisuksia tai järjestelmäarkkitehtuurin muutosta?		

Datan lähteet ryhmään on koostettu kysymykset liittyen jo olemassa olevaan dataan ja sen tallennusmuotoon ja tallennuspaikkaan. Samalla selvitetään datan saatavuus ja omistajuus. Julkisia datalähteitä ovat muun muassa maanmittauslaitoksen korkeusmallit ja maastomallit. Sotilaalliseen toimintaan liittyvää dataa ei kuitenkaan ole julkisista lähteistä paljoakaan saatavilla, tai se on niin epätarkkaa, että sillä ei saada riittävän tarkkaa simulaatiota aikaiseksi.

Datan kerääminen liittyy nimensä mukaisesti siihen, että mistä ja miten uutta dataa saadaan. Tärkeää on myös selvittää, että tarvitaanko uutta dataa todella. Data on usein myös maksullista, joten täytyy selvittää datan hinta. Sotilaalliseen käyttöön liittyvää dataa ei usein voi edes ostaa ilman myyjämaan hallituksen hyväksyntää. Todennäköisintä, että dataa ei ole alkuvaiheessa lainkaan olemassa, vaan koko tekoälyprojekti on suunniteltava siten, että dataa alkaa kertyä vasta tekoälyohjelmiston käyttöönoton jälkeen.

Ominaisuuksilla tarkoitetaan tekoälyn mahdollisesti tuomia uusia toiminnallisuksia. Kartoitetaan mitä valmiita ominaisuuksia datassa on jo olemassa ja mitä niistä kannattaisi käyttää hyväksi. Tuottaako tekoälyllä tehty ominaisuus vaikkapa ihmistyön vähenemistä jollain alueilla? Halutaanko mallin tulos visualisoida ihmisen tulkittavaksi vai toimiiko se syötteenä jollekin toiselle järjestelmälle?

Tekoälyn rakentaminen ja ylläpito osuudessa selvitetään, että kuka voisi tekoälymallin tuottaa ja miten se otettaisiin käyttöön. Samalla selvitetään, että kuka vastaa ylläpidosta ja millaista ylläpitoa tekoälytuote vaatii. Tietoturva ja eettisyys on huomioitava myös ennen päätöstä tekoälyn rakentamisesta. Tähän ryhmään kuuluu myös taloudelliset pohdinnat, kuten kustannukset ja mahdollinen takaisinmaksuaika. Simulaattoreissa on olennaista negatiivinen todistaminen, jolla perustellaan sitä, että ilman simulaattoria kustannukset voisivat olla huomattavasti korkeammat kuin simulaattorin kanssa. Jos esimerkiksi säästetään yksikin lentokone simulaattorin ansiosta, niin samalla rahalla saadaan jo monta simulaattoria.

Käytettävä AI-lähestymistapa -osiossa etsitään vastausta kysymykseen, että mitä tekoälytekniikkaa voisi käyttää tavoitteen saavuttamiseksi? Voidaanko hyödyntää jotain olemassa olevaa, vai täytyykö tehdä kaikki alusta saakka? Jos vastaavia kokeiluja on tehty jossain, niin niistä saatu oppi on hyvä kirjata ylös. Tässä kohtaa on myös huomioitava, että saadaanko ilmaisia algoritmeja tai muita ohjelmistoja ladata ja ottaa käyttöön. Internetissä jaossa olevat ilmaiset tietokannat ja ohjelmistot ei välttämättä ole luvallisia valtion järjestelmissä, vaikka yritykset saavat niitä vapaasti hyödyntää.

Arviointi- ja metriikkakysymyksillä ennakoidaan mahdollista käyttöönottohyväksyntää ja käytön seuraamista myöhemmin. Tällä tavalla opitaan hankkimaan oikeanlaisia tekoälymenetelmiä ja pystytään mittaamaan tekoälyn tarkkuutta ja hyödyllisyyttä. Joissakin tapauksissa voidaan vertailla esimerkiksi tekoälyn ja ihmisen keskinäistä paremmuutta jonkin tehtävän suorittamisessa.

Koneen tuottamat päätökset täytyy määritellä, jotta osataan suhtautua oikein koneen antamiin vastauksiin. Voidaanko koneen antamaa vastausta käyttää siten, että hallinnolliset säännöt eivät ole ristiriidassa sen kanssa, että kuka saa päättää mitään. Sotilaallisessa toiminnassa voisi esimerkiksi antaa koneelle luvan ampua heti, kun tilanne on ampumiseen sopiva. Kone olisi huomattavasti nopeampi käyttämään lyhyet ajanjaksot silloin, kun vihollinen on niin sanotusti jyvällä vain hetken. Kansainväliset sopimukset kieltävät tämänkaltaiset automaattiset ratkaisut.

Ennusteiden tekeminen pitää huomioida ja arvioida, miten tarkkoja ennusteet tulisivat olemaan. Ennusteiden perusteet on myös hyvä määritellä, jotta ennusteiden luotettavuutta voidaan arvioida.

9 JOHTOPÄÄTÖKSET

Työn tavoitteena oli tuoda tekoälyosaamista Ilmavoimien simulaattoritoimialalle hankintoja toteuttavalle henkilöstölle ja luoda malli tekoälyprojektien suunnitteluun ja hankintaan. Tekoälyaikakauteen siirtyminen tuo lisää osaamistarpeita myös hankintoja tekeville organisaatioille, koska tekoälytekniikat ovat kohtuullisen uusia, eikä perinteiset ohjelmistoihin liittyvät hankintaosaamiset riitä uusien tekniikoiden aikakaudella.

Vastaus itse tutkimuskysymykseen, että voidaanko tekoälyä käyttää hyväksi uhkaympäristössä käytettävän agentin ohjelmoinnissa, lyhyt vastaus kuuluu, että kyllä voidaan. Tutkimuksen tuloksena löytyi kyseiseen toimialaan perustettu yritys, joka tekee tekoälytuotettaan nimenomaan Suomen Ilmavoimienkin käyttämään uhkaympäristöön, joten liityntäraja-ajapintojakin on jo kehitetty tekoälyä ajatellen. Tietoturvaisista yhtiö kuitenkin myy tuotettaan vain Yhdysvaltojen sisällä, eikä ollut halukas keskustelemaan tuotteestaan, vaikka sitä sähköpostitse tiedusteltiin. Ehkäpä jatkossa kiinnostusta ilmenee suoraan loppuasiakkaan kanssa myös maan rajojen yli. Tieto jo olemassa olevasta yrityksestä vahvistaa odotusta, että tekoäly tulee olemaan tärkeä osa myös uhkaympäristössä.

Jatkokysymykseen (Jos voidaan, niin mitä tekoälytekniikoita kannattaisi tutkia perusteellisemmin mahdollisissa jatkotutkimuksissa?) löytyi myös luotettavalta tuntuva vastaus. Ainakin neuroverkot herättivät kiinnostuksen lähinnä kuvien tunnistukseen liittyvistä ominaisuuksista johtuen, sekä vahvistusoppiminen, koska se on jo otettu käyttöön autojen automaattisen ohjausjärjestelmän kehityksessä. Tulevaisuudessa myös Meta Reinforcement Learning, sekä Imitation Learning and Inverse voivat olla niitä tekniikoita, jotka tulevat ratkaisemaan agentin käyttäytymiseen liittyvät haasteet.

Mikään edellä mainituista tekniikoista ei varmaan yksinään riitä, eikä mikään muukaan tekniikka yksistään ole se lopullinen vastaus, vaan se voisi olla pikemminkin erilaisten älytekniikoiden ja perinteisen käskylistaohjelmoinnin yhdistelmä. Kannattaa seurata tekoälymaailma kehitystä, koska paljon käytetyt, ja jo käytönotetut tekniikat kehittyvät nopeasti ja niiden osaajia syntyy myös nopeaan tahtiin. Joillakin ehkä nerokkailla, mutta nykyisellään vain erikoistutkijoiden käytössä olevilla tekniikoilla voi olla käytännön merkitystä joskus vuosien kuluttua.

Tekoälyyn liittyvä maailma yllätti laajuudellaan myös tämän työn aikana. Hankaudeksi osoittautui se, että tämän tutkimuksen kohteena olevaan virtuaalimaailmassa olevan entityn (olion) käyttäytymiseen liittyviä algoritmeja tai valmiita sovellusesimerkkejä löytyi toistaiseksi harmillisen vähän. Suuret ohjelmistoyhtiöt keskittyvät enemmän markkinoinnin ja mainonnan työkaluihin. Pelien ja itseajavien autojen kehittäjät ilmeisesti tekevät saman alan tuotteita, mutta eivät mielellään julkaise työkalujaan, vaan valmiita tuotteitaan.

9.1 Miksi tekoälyyn kannattaa panostaa

Tekoäly on jo nykypäivää markkinavetoisilla aloilla, koska siellä pyörii isot rahat ja tekoälyllä on saavutettu huikaita tulokisa mainonnan ja markkinoinnin, sekä muun muassa tuotesuosittelun kautta. Älykkäistä internetsivuista on tullut uusi normaali isoimpien internetin sisällön tuottajien ansiosta. Tekoälymaailma työllistää jo kaiken saatavilla olevan osaamisen ja kilpailu osaavista tekijöistä kiihtyy.

Tässä pari esimerkkiä siitä, miten kova pula osaajista on jo nykyisellään. Vuonna 2014 Google osti DeepMind nimisen yhtiön 500 miljoonalla dollarilla. Tästä tuli 6,7 miljoonaa dollaria työntekijää kohti. Twitter osti Magic Pony -nimisen yhtiön yli 10 miljoonalla dollarilla työntekijää kohti. (Merilehto A. 86)

Sotateollisuus on yksi suurimpia tekoälyn kehittäjiä maailmassa. Esimerkiksi itseohjautuvat autot saivat ideoita ja tukea Yhdysvaltojen puolustusministeriön alaisen DARPA-kehityslaboratorion järjestämästä kilpailusta. Vladimir Putin on maininnut, että tekoälyn hallitsija hallitsee myös maailmaa. Elon Musk:in mielestä tekoäly on syy kolmanteen maailmansotaan, mikäli sellainen joskus syttyy. (Merilehto A. 154)

Tämän tutkimusraportin kappaleessa 6. on esitelty muutamia uutisia tekoälymaailman kehitysnäkymistä. Kaikille näyttää olevan yhteistä, että kehitysvauhti on kovaa ja kaikki näyttävät uskovat myös tekoälyyn liittyvien sijoitusten tulevan takaisin osaamisen kautta. Kappaleesta 6. voidaan myös päätellä, että tekoäly ei ole ihan pieni juttu maailmanlaajuisesti. Markkinoilla on markkinoiden rahat käytössä, jotka vaan lisääntyvät hyvien ideoiden myötä. Sotateollisuus puolestaan kehittää asioita oman valtion sisällä omaan käyttöönsä, eikä anna siitä tietoa ulkopuoliselle ennen kuin se alkaa olla vanhaa, joten itse tuotteella ei voi rahoittaa jatkokehitystä. Puolustusvoimilla, joka ei hyödy oikeastaan kummastakaan edellisestä, on totinen paikka pitää kiinni osaavasta henkilöstöstä ja tietotaidosta tilanteessa, jossa yritysten tekoälyvauhti kiihtyy entisestään. Tekoälyn huono hallinta aiheuttaa sen, ettei osata edes hankkia tekoälytuotteita. Tällöin toimittajille avautuu mahdollisuus monopoliasemaan tuotteineen ja mahdollisuus pidättää oikeudet niihin itsellään. Samalla toimittajat tekevät tuotteistaan "mustia laatikoita", eikä niiden sisäisestä tekniikasta anneta tietoa asiakkaalle. Näiden asioiden vuoksi on tärkeää, että jokainen toimialaosaja osaa myös riittävästi tekoälyosaimista, jotta voidaan pitää tekoälyn kehityshankkeet omissa käsissä ja eri osapuolet pystyvät tuottamaan oikeaa tietoa tekoälyhankkeisiin.

9.2 Mitä voisi vielä tutkia

Tutkimuksen aikana heräsi mielenkiinto Vahvistusoppimista ja Neuroverkkoja kohtaan, koska ne ovat jo monien toimijoiden käytössä. Lisäksi mielenkiintoiselta vaikuttivat myös Meta reinforcement Learning- ja Imitation Learning and Inverse-tekniikat, jotka ovat tulevaisuuden edistyksellisiä menetelmiä agentin opettamiseen. Edellä mainituista voisi löytyä hyödyllistä materiaalia tutkimuskohteena olevaan agenttien käyttäytymiseen uhkaympäristössä. Tutkimuksessa mainitun MACE-uhkaympäristön liityntärajapinta mahdolliseen tekoälyllä toteutettuun agenttiin voisi olla myös hyvä tutkimuskohde, jota voisi heti alkaa tutkimaan selvittämällä aluksi, mitä toimintoja kyseisen liityntärajapinnan avulla voitaisiin toteuttaa. Lisätutkimukset vaatisivat ohjelmointiosaamista ja testauskykyä, jotta tekoälytekniikoita voitaisiin testata ja analysointia tarkemmin.

9.3 Pohdinta

Työ oli mielenkiintoinen alusta loppuun saakka, vaikka se venyi aikataulullisesti hieman alkuperäisestä suunnitelmasta. Työn tiukemmalla rajauksella olisi ehkä voinut hallita paremmin aikataulua, mutta silloin työ olisi jäänyt vajaaksi tilaajan kannalta, koska tutkimuksen aineistoon oli tarkoituskin sisällyttää riittävä määrä-perustietoa projektien hankintatyötä ajatellen.

Tietoturvaan liittyvät vaikeudet tiedettiin jo aiheen valintavaiheessa ja tunnistettiin siitä johtuva haastavuus, joka teki tutkimuksesta lähes mahdotonta ollakseen julkinen tutkimus. Toisaalta näinkin spesiaalia aihealuetta, jota vain harvat ovat tähän mennessä tutkineet juuri tästä lähestymiskulmasta, oli jännittävää lähteä selvittämään. Aiheen laajuudesta oli olemassa jonkinlainen mielikuva samoin, kuin aiheen rajaamisen vaikeudesta. Edellä mainituista epävarmuuksista huolimatta aiheen ajankohtaisuus ja uutuus huomioiden se tuli kuitenkin valituksi, varsinkin kun on odotettavissa, että kyseinen tekniikka tulee käyttöön vielä jossain vaiheessa laajalti. Kaikesta huolimatta kannatti valita aihe, joka jaksoi kiinnostaa tutkijaa itseään alusta loppuun saakka.

LÄHTEET

Aineiston analyysimenetelmät 2021. Koppa. Jyväskylän Yliopisto. Luettu 26.8.2021. <https://koppa.jyu.fi/avoimet/hum/menetelmapolkuja/menetelmapolku/aineiston-analyysimenetelmät>

Aineistohankintamenetelmät 2021. Koppa. Jyväskylän Yliopisto. Luettu 26.8.2021. <https://koppa.jyu.fi/avoimet/hum/menetelmapolkuja/menetelmapolku/aineistohankintamenetelmät>

Battlespace Simulation Inc. 2017. Tiedonanto. Luettu 1.5.2021. <https://www.bssim.com/news-oct17-finnishdf/>

Bilgin, E. 2020. Mastering Reinforcement Learning with Python. Packt Publishing. Birminghamn.

Boeing. 2009. Tiedonanto. St. Louis. Luettu 1.5.2021. <https://boeing.mediaroom.com/2009-08-05-Boeing-Upgrades-F-18-Training-Systems-for-Finnish-Air-Force?mobile=No>.

Binns, R., Dzulko, M. & Turcich T. 2020. Recap of VBS Tech Conference Day 3 - Powerful Dev Tools for Integrators. Konferenssimateriaali. Julkaistu 30.4.2020 Luettu 24.5.2021. <https://bisimulations.com/company/news/blogs/recap-vbs-tech-conf-day-3-powerful-dev-tools-integrators>

BISim. 2020. VBS4: Easier. Faster. Global. Blogi. Julkaistu 7.8.2021. Luettu 17.5.2021. <https://bisimulations.com/company/news/blogs/vbs4-easier-faster-global>

Darema, F., Blach, E., Ravela, S. & Aved, A. 2020. Dynamic Data Driven Applications Systems. Springer. Cham. Switzerland. ISBN: 978-3-030-61725-7

Deep Learning. 2021. Deep Learning, What it is and why it matters. Internetsivu. Luettu 28.5.2021 https://www.sas.com/en_us/insights/analytics/deep-learning.html

Discovery Machine Inc. 2021. Intelligent Adversary Agents. Internetsivu. Luettu 24.5.2021. <https://discoverymachine.com/intelligent-adversary-agents/>

Elements of AI. 2021. Reaktor ja Helsingin yliopisto. Verkkokurssi. Luettu 22.3.2021. <https://www.elementsofai.com/fi/>

Fingas J. 2021. Internetjulkaisu 'Battlefield 6' will be available for last-gen game consoles. Julkaistu 12.5.2021. Luettu 17.5.2021. Engadget. <https://www.engadget.com/battlefield-6-ps4-xbox-one-151541470.html>

Gofore Oyj. 2021. Internetjulkaisu. Luettu 16.5.2021. https://gofore.com/aito-devops/?utm_term=devops&utm_campaign=DevOps+-+Suomi+-+Haku&utm_source=adwords&utm_medium=ppc&hsa_acc=1593435372&hsa_cam=12790132031&hsa_grp=124875960407&hsa_ad=516174345963&hsa_src=g&hsa_tgt=kwd-16317433402&hsa_kw=devops&hsa_mt=b&hsa_net=adwords&hsa_ver=3&gclid=CjwKCAjwhYOFBhBkEi-wASF3KGaoBVcyg2EbPbF_jdC7fSsUq6bEK5R-9k0nsqJpufftKq4JmX6tot-ghoCZ88QAvD_BwE

Goldberg, B. A. & Zhu, X. 2009 Introduction to Semi-Supervised Learning. Internetsivu. University of Wisconsin, Madison. Julkaistu 2009. Luettu 1.6.2021. <https://www.morganclaypool.com/doi/abs/10.2200/S00196ED1V01Y200906AIM006>

Haikonen, O. A. P. 2017. Tietoisuus, tekoäly ja robotit. Toinen painos. Helsinki. Art House

Hardawar, D. 2020. How 'Microsoft Flight Simulator' became a 'living game' with Azure AI. Uutinen. Luettu 13.5.2021. <https://www.engadget.com/microsoft-flight-simulator-azure-ai-machine-learning-193545436.html>

Hawkit lentävät kohti tulevaisuuden taistelukenttää 2018. Ilmavoimien tiedote. Julkaistu 17.1.2018. Luettu 31.5.2021. <https://ilmavoimat.fi/-/hawkit-lentavat-kohti-tulevaisuuden-taistelukenttaa>

Hui, L (Dr). 2020. Which machine learning algorithm should I use?. Internetsivu. Julkaistu 9.12.2021. Luettu 25.5.2021 <https://blogs.sas.com/content/subconsciousmusings/2020/12/09/machine-learning-algorithm-use/>

Kananen, H. & Puolitaival, H. 2019. Tekoäly. Busineksen uudet työkalut. Helsinki. Alma talent.

Kiinnostaako lentäjän ura Puolustusvoimissa?. n.c. Luettu 31.5.2021. <https://intti.fi/lentajat>

Kolombo, M. 2020. VBS Technology Conference Day 2 - Missions in Minutes, Detailed Terrains in a Few Hours. Konferenssimateriaali. Julkaistu 30.4.2021. Luettu 22.5.2021. <https://bisimulations.com/company/news/blogs/recap-vbs-tech-conference-day-2-missions-minutes-detailed-terrains-few>

Tutkimusprosessi 2021 Koppa. Jyväskylän Yliopisto. Luettu 27.8.2021. <https://koppa.jyu.fi/avoimet/hum/menetelmapolkuja/tutkimusprosessi>

Menetelmäpolku 2021. Koppa. Jyväskylän Yliopisto. Luettu 26.8.2021. <https://koppa.jyu.fi/avoimet/hum/menetelmapolkuja/menetelmapolku>

Merilehto A. 2018. Tekoäly. Matkaopas johtajalle. Helsinki. Alma Talent.

Monocello M. 2021. The Future of AI: Greater Accessibility, More Use Cases. Uutinen. DevPro Journal. Luettu 14.5.2021. <https://www.devprojournal.com/technology-trends/the-future-of-ai-greater-accessibility-more-use-cases/>

Morrison P. 2020. Recap of VBS Tech Conference Day 1 - Training Made Easier, Faster, Global. Konferenssimateriaali. Julkaistu 29.4.2021. Luettu 24.5.2021. <https://bisimulations.com/company/news/blogs/recap-vbs-tech-conference-day-1-training-made-easier-faster-global>

Northrop Grumman. 2020. Northrop Grumman Awarded DARPA Gamebreaker Contract. Uutinen. Julkaistu 12.8.2020. Luettu 24.5.2021 <https://news.northropgrumman.com/news/releases/northrop-grumman-awarded-darpa-gamebreaker-contract>

Northrop Grumman. 2021. What We Do. Internetsivu. Luettu 25.5.2021. <https://www.northropgrumman.com/what-we-do/>

Orimoloye, L. 2018. Looking beyond the AI and deep learning hype. Internetsivu. Julkaistu 5.1.2018. Luettu 28.5.2021 https://blogs.sas.com/content/sgf/2018/01/05/looking-beyond-hype-deep-learning-ai/#par_styledcontainer_89b1

Palanisamy, P. 2021. TensorFlow 2 Reinforcement Learning Cookbook. Birmingham. Packt Publishing. Birmingham. ISBN: 978-1-83898-254-6

Ravichandiran S. 2020. Deep Reinforcement Learning with Python - Second Edition. Packt Publishing. Birmingham. ISBN: 9781839210686

Rustholli, S. 2019. Ihminen vastaan kone: milloin tekoäly erehtyy?. Johtamisen ja talouden tiedekunta - Faculty of Management and Business; Tampere University. Pro gradu -tutkielma.

Siukonen, T. & Neittaanmäki, P. 2019. Mitä tulisi tietää tekoälystä. Jyväskylä Docendo.

Souppouris, A. 2020. 'Microsoft Flight Simulator' is getting a Japan-centric update next week. Uutinen. Luettu 13.5.2021. <https://www.engadget.com/microsoft-flight-simulator-world-update-japan-122506531.html>

Suominen, L. 2021. Uutinen. Lentokoulutusjärjestelmä valmiina siirtymään HX-aikakauteen. Ilmavoimat Julkaistu 28.1.2021 klo 14:00. <https://ilmavoimat.fi/-/lentokoulutusjarjestelma-valmiina-siirtymaan-hx-aikakauteen>

Tuomi, J. & Sarajärvi, A. 2018. Laadullinen tutkimus ja sisällön analyysi. Helsinki. Kustannusosakeyhtiö Tammi.

Tutkimusstrategiat 2021. Koppa. Jyväskylän Yliopisto. Luettu 26.8.2021. <https://koppa.jyu.fi/avoimet/hum/menetelmapolkuja/menetelmapolku/tutkimus-strategiat>

Tyron, O. 2021. Deep Learning Based Recommender Systems. Julkaistu 18.5.2021. Luettu 28.5.2021. <https://www.datasciencecentral.com/profiles/blogs/deep-learning-based-recommender-systems>

Waldron, M. 2016. 10 Deep Learning Terms Explained in Simple English. Blogi. Julkaistu 11.4.2016. Luettu 28.5.2021. <https://www.datasciencecentral.com/profiles/blogs/10-deep-learning-terms-explained-in-simple-english>

Zure. 2021. Internetsivu. Machine Learning. Luettu 17.5.2021. <https://zure.com/services/data-solutions/machine-learning/>

LIITTEET: Ei liitteitä