



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Valteri Kamppi

Maanmittaus ja tekoäly

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri

Maanmittaustekniikka

Insinööriytyö

19.11.2020

Tekijä Otsikko	Valtteri Kamppi Maanmittaus ja tekoäly
Sivumäärä Aika	39 sivua 10.6.2020
Tutkinto	insinööri
Tutkinto-ohjelma	maanmittaustekniikka
Ohjaajat	lehtori Jussi Laari
<p>Insinööriyössä tutkitaan tekoälyn vaikutusta maanmittaukseen, eli miten tekoäly tulee muuttamaan tai on jo muuttanut alaa. Tarkastellaan, kuinka maanmittausalan yritykset käyttävät tekoälyä tai suunnittelevat sen käyttämistä auttamaan tehtävien hoidossa. Työtä varten tietoa on hankittu verkosta eri yritysten sivuilta ja tutkielmista.</p> <p>Työssä tarkastellaan aluksi sitä, kuinka maanmittaus sai alkunsa maailmassa ja Suomessa, ja kuinka ala on kehittynyt siihen pisteeseen, että tekoälyn käyttö on tullut ajankohtaiseksi.</p> <p>Tehdään selkoa tekoälyn käsitteestä sekä tekoälyn liittyvästä koneoppimisesta ja sen erilaisia osa-alueista. Kerrotaan, kuinka tekoäly vaikuttaa maanmittauksen paikkatiedossa, jossa datan määrä tulee kasvamaan, kuinka tekoäly ja big data auttavat tiedon käsittelyssä ja kuinka tekoäly voi käsitellä eri keinoin hankittua dataa. Tarkastellaan myös, kuinka Väylävirasto voi käyttää tekoälyä parantamaan väylien hoidon tehokkuutta.</p> <p>Työssä tarkastellaan myös hyperspektrikuvausta: Mitä se on ja mitä sillä on mahdollista tehdä? Selvitetään, kuinka hyperspektrikuvauksessa käytetään tekoälyn koneoppimista ja hahmontunnistusta.</p> <p>Työssä tarkastellaan myös sitä, kuinka TinySurveyor-, CivDrone- ja Spot-nimiset robotit toimivat ja auttavat erilaisissa maanmittaustehtävissä. Käsitellään myös sitä, että UAV:t tarjoavat suuria mahdollisuuksia maanmittausalalle ja että tekoäly tulee auttamaan UAV:iden datan käsittelyssä. Esitetään erilaisia esimerkkejä yrityksistä, jotka käyttävät tekoälyä UAV:issa.</p> <p>Työssä pohditaan hiukan tulevaisuutta. Mitä se tuo tullessaan ja mitä vaikutuksia teknologian kehittämisellä voi olla maanmittausalaan ja tekijöihin?</p>	
Avainsanat	tekoäly, koneoppiminen

Author Title	Valtteri Kamppi Land Surveying and Artificial Intelligence
Number of Pages Date	39 pages 10 November 2020
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Land Surveying
Instructors	Jussi Laari, Senior Lecturer
<p>The purpose of the thesis was study how artificial intelligence already affects and will affect land surveying. The aim was to establish how various companies use artificial intelligence now or how they plan to use it in the future. The main purpose of the thesis was to answer what land surveying is when it is combined with artificial intelligence. The data for the thesis was collected from various articles, TV documents and reports.</p> <p>The thesis results showed that artificial intelligence changes the work done in land surveying as it has already changed the way that geographic information is used and collected. The thesis established that artificial intelligence is going to be a great help in road maintenance and hyperspectral imaging. Furthermore, it was established that robots and UAVs will also bring major changes how surveying can be done. As a conclusion, it can be said that artificial intelligence changes the way work is done, it makes work faster and safer, but it does not eliminate people entirely.</p>	
Keywords	AI, machine learning, land surveying

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Maanmittauksen historia	2
2.1	Maanmittauksen alku	2
2.2	Maanmittaus Suomessa	3
3	Tekoäly	6
3.1	Koneoppiminen	7
3.1.1	Syväoppiminen	9
3.1.2	Hahmontunnistus	10
4	Paikkatieto ja teknologia	11
4.1	Big data	11
4.2	Tekoäly paikkatiedossa	12
4.3	Esineiden internet	12
5	Tekoäly ja väylänpito	14
5.1	Tien mallintaminen	14
5.2	Väylien ylläpidon ohjelmointia	15
5.3	Väylänpidon asiakirjat	16
5.4	Muita käyttökohteita	17
5.5	Haasteita	18
6	Tekoälyn käyttö hyperspektrikuvauksessa	19
6.1	Data-analyysitehtäviä	19
6.1.1	Maanpeiteluokittelu	20
6.1.2	Kohteiden havaitseminen	20
6.1.3	Fysikaalisten parametrien arviointi	21
6.1.4	Unmixing	21
6.2	Tekoäly	21
6.2.1	Gaussin mallit	22

6.2.2	Lineaarinen regressio	22
6.2.3	Logistinen regressio	22
6.2.4	Tukivektorikoneet	23
6.3	Haasteet	24
7	Tekoäly ja UAV	25
8	Robottiikka	28
8.1	Tiny Surveyor	29
8.2	Spot	30
8.3	CivDrone	33
9	Tulevaisuus	36
10	Yhteenveto	39
	Lähteet	40

Lyhenteet

AI	Artificial intelligence, tekoäly, koneen kyky jäljitellä inhimillistä päättelyä.
algoritmi	Yksityiskohtainen kuvaus tai ohje siitä, miten tehtävä tai prosessi suoritetaan ja jota seuraamalla voidaan ratkaista tietty ongelma.
AR	Augmented Reality, lisätty todellisuus.
big data	Isojen tietomassojen talletusta ja käsittelyä, mukaan lukien strukturoimaton data, kuten teksti-, kuva-, video- ja äänidata
BIM	Building Information Modeling, rakennuksen tietomallinus.
CAD	Computer-aided desing, tietokoneavusteinen suunnittelu.
GIS	Geographical information systems, paikkatietojärjestelmä.
GNSS	Global Navigation Satellite System, maailmanlaajuinen satelliittipaikannusjärjestelmä.
IoT	Internet of things (esineiden internet) on koneiden ja laitteiden yhdistämistä Internetiin ja koneista syntyneen datan yhdistämistä muuhun dataan.
LiDar	"Light Detection and Ranging", optinen tutkan tapaan toimiva laite, joka toimii näkyvän valon, lähi-infran tai ultravioletin alueella, valotutka.
RTK	Real Time Kinematic, reaaliaikainen kinemaattinen mittaus.
syväoppiminen	Koneoppimisen osa-alue, jossa pyritään imitoimaan aivojen toimintaa yleisimmin ns. neuroverkkojen avulla.
UAS	Unmanned aircraft system, miehittämättömän ilma-alusjärjestelmä.

UAV Unmanned Aerial Vehicle, miehittämätön ilma-alus, usein käytetty nimitys drone, suomeksi drooni, ilma-alus, jossa ei ole ihmislentäjää.

1 Johdanto

Maanmittaus on ollut olemassa tuhansia vuosia ja sen on kehittynyt paljon vuosien aikana. Nykyisin maanmittauksessa tapahtuu uudistuksia nopeasti ja paljon. Maanmittauksessa kehitellään uusia nopeampia ja tarkempia mittaustapoja sekä uusia ohjelmia ja sovelluksia. UAV:iden ja satelliittikuvien takia datan määrä kasvaa, ja tarvitaan välineitä siihen, että tehtävät pystytään suorittamaan paljon nopeammin ja tarkemmin. Yksi mahdollinen väline on tekoäly. Tekoäly on kone tai ohjelma, joka pystyy oppimaan. Se käyttää ihmisen luomia sääntöjä ja malleja, joiden avulla se oppii tekemään sille annettuja tehtäviä.

Työssä kerrotaan siitä, kuinka tekoälyä käytetään maanmittauksessa ja mitä mahdollisuuksia se tarjoaa tulevaisuudessa. Robotiikka on maanmittauksessa jo käytössä, ja työssä tutustutaan muutamaiin jo olemassa oleviin laitteisiin.

2 Maanmittauksen historia

2.1 Maanmittauksen alku

Maanmittauksen historia sai alkunsa tuhansia vuosia sitten. Ensimmäinen tieto maanmittauksesta on vuodelta 3 100 eaa. (ennen ajanlaskun alkua). Maanmittauksen tarve ja siihen kehitettyjen menetelmien kuvaus sai alkunsa Egyptistä. Egyptiläiset olivat tunnettuja mittaustaidoistaan. Siitä todisteena ovat pyramidit, joissa olivat mitat ja sijoitus kohdillaan. [1]

Kreikkalaiset olivat seuraavia maanmittauksen historiassa, jotka ottivat mittaamisen käyttöön. He oppivat mittauksen perusteet egyptiläisiltä, mutta kehittivät sitä eteenpäin. Kreikkalaiset kehittivät karttoja, jotka mahdollistivat reitin suunnittelun ja arvion tekemisen siitä, kuinka kauan kestäisi matkustaa paikasta toiseen. Kartat eivät olleet tarkkoja vaan suuntaa antavia. Kreikkalaiset myös ottivat käyttöön sanan *geometria* eli maanmittaus. Kreikkalainen Eratosthenes halusi ymmärtää *geodesiaa* eli tiedettä, joka käsittelee maan muotoa, kokoa ja kohteiden kuvaamista maanpinnalla.[2] Eratosthenes mittasi ensimmäisenä maan säteen, ja hän sai tulokseksi 6 317–7 420 km, mikä vastaa hyvin nykyistä arviota 6 371 km. [3, s. 1–3; 1]

Kreikkalaisten jälkeen roomalaiset alkoivat käyttää maanmittausta. He antoivat maanmittaajille nimityksen *agrimensores*, ja he olivat ensimmäiset, jotka tekivät maanmittauksesta ammatin. Maanmittarit Rooman valtakunnassa osallistuivat teiden, siltojen ja muiden rakennusten rakentamiseen ja suunnitteluun. Rooman valtakunnassa valtio jopa piti yllä maanmittauslaitosta, ja maanmittaajille annettiin erikoiskoulutusta. [1]

Maanmittaus koki ison muutoksen 1600-luvun Britanniassa. Britanniaan tuli Espanjasta eri matemaattisia aloja, kuten algebra, geometria ja trigonometria. Britanniassa otettiin käyttöön arabialaiset numerot, kehiteltiin logaritmit, teleskooppi, ristikko ja ensimmäinen teodoliitti. Britannian hallitsija Elizabeth I standardoi painojen ja mittojen mitoitukset. Samaan aikaan keksittiin *Gunter's chain* eli matkan mittauslaite. Nämä kaikki asiat vaikuttivat suuresti mittaamiseen ja nostivat sen aivan toiselle tasolle, josta nykyään käytetään nimitystä maanmittaus. Siitä lähtien maanmittauksen ammatin perusteet ovat olleet samoja. Maanmittauksen perusfilosofia on edelleen ymmärtää mittauksen

merkitystä ja varmuutta objektien sijainnin määrittelemiseen geospaatialisessa yhteydessä. Siihen ei edes ole vaikuttanut se, että mittauslaitteet ovat muuttuneet kovasti ja tekniikka kehittynyt. [1]

2.2 Maanmittaus Suomessa

Suomen maanmittausalalla on pitkälle ulottuva historia. Suomen maanmittauksen historia on kirjoitettu jo kolmeen eri otteeseen:

- *Suomen maanmittauksen historia I–III* (1933)
- *Maanmittaus Suomessa 1633–1989* (1983)
- *Maan mitta* (2008).

Suomi kuului Ruotsiin 1200-luvulta vuoteen 1808, ja Ruotsissa ensimmäiset maakirjat laadittiin vuosina 1539–1540. Ruotsissa alettiin 1610-luvulta lähtien laatia suurimittakaavaisia valtakunnan ja maakuntien karttoja. Toimintaa johti ruotsalainen Andreas Bure (ennen aatelointia Bureus). Bure sai vuonna 1628 tehtäväkseen organisoida valtakunnan kartoittamisen, ja näin sai maanmittaustoiminta alkunsa.

Suomessa maanmittauksen katsotaan alkaneen vuonna 1633, tarkalleen ottaen Tukholmassa 19.6.1633. Silloin, 387 vuotta sitten, Olof Gangius sai kamarikollegiolta määräyksen tulla ensimmäisenä maanmittarina valtakunnan itäiseen osaan eli Suomeen. Määräykseen sisältyi käsky aloittaa maanmittaus ”niin pian kuin maa tulee paljaaksi”. Toiminnan käynnistämistä kuitenkin vaikeuttivat henkilökohtaiset ongelmat: maanmittarin raportoitiin langenneen juopotteluun ja hutilointiin (”för drick och försummelse”). Pietari Brahe joutuikin pyytämään, että Gangiuksen tilalle lähetettäisiin ”joku hyvä insinööri”. Maanmittareiden määrä lisääntyi seuraavina vuosina niin, että vuosisadan puolivälissä kaikissa lääneissä olikin oma maanmittarinsa.

Maanmittarin työ oli monimuotoista: aluksi ei ollut mitään aineistoa olemassa, ja työtä riitti. Apunaan mittareilla oli mittarenkejä ja -kisällejä sekä toisaalta myös talojen isäntiä – jälkimmäisistä tosin ei käytännössä ollut paljonkaan apua. Monet 1600-luvulla kehitetyt mittausmenetelmät olivat käytössä 1900-luvun loppupuolelle asti.

Maanmittaustoimintaa ja kartoittamista sääтели 1600-luvulla vilkas lainsäädäntötoiminta. Maanmittareille annettiin tärkeimmät määräykset vuosina 1635, 1636, 1642 ja 1684. Määräyksissä annettiin tarkat ohjeet karttaväreistä: pellot on merkittävä harmaalla, niityt vihreällä, suot keltaisella, puutarhat mustalla, järvet sinisellä, joet tummansinisellä, rajat punaisella, metsät tummanvihreällä ja mäet valkoisella. Pinta-aloja laskettaessa tuli tynnyrinalaan sisältyä 14 000 neliökynnärä. Pohjoissuunta tuli merkitä karttaan kompassiruusulla. Karttoihin tuli on oma erityinen selitysosansa, Notarum Explicatio, josta selviävät talojen verotukseen liittyvät seikat. Laaditut kartat oli toimitettava Tukholmaan Laskukamariin, myöhemmin Maanmittauskonttoriin. Näiden ohjeiden lisäksi maanmittaustoimea säätelivät kymmenet, usein jopa yksityistä maanmittaria koskevat ohjeet.

Maanmittausala alkoi Ruotsi-Suomessa saada arvostusta osakseen vasta 1700-luvun puolivälissä. Silloin alaan myös alettiin panostaa lisää. Maanmittauslaitos sai ensimmäisen ”ylitirehtöörin” vuonna 1683; hänen nimensä oli Carl Gripenhielm. Gripenhielm aloitti määrätietoisen kehitystyön: maanmittareiden ammattitaidon tasoa ryhdyttiin nostamaan, palkattiin lisää henkilökuntaa ja aloitettiin yhteistyö yliopistojen kanssa, jotta alalle saataisiin lisää osaajia. 1700-luvun alussa perustettiin ensimmäiset lääninmaanmittauskonttorit. Vuosina 1700–1721 käytiin suuri Pohjan sota, jonka takia maanmittaustoiminta tilapäisesti lakkasi ja maanmittarien lukumäärä romahti.

1700-luvun puolessavälissä Suomi sai oman maanmittauskonttorin, jonka johtajaksi nimitettiin E. O. Runeberg. Koko Ruotsi-Suomen maanmittauslaitoksen historiassa alkoi vuonna 1747 uusi aikakausi, kun päämaanmittauskonttorin johtoon tuli Jacob Faggot. Hän palkkasi lisää henkilökuntaa konttoriin, laati sisäisen ohjesäännön ja paransi palkkausta. Ruotsissa, johon Suomikin vielä kuului, oli tuolloin arvioiden mukaan 300 maanmittaria. Napoleonin sotien jälkeen Suomi irrotettiin Ruotsista vuonna 1809 ja liitettiin Venäjään.

Vuonna 1812 Suomen suuriruhtinaskuntaan perustettiin Päämaanmittauskonttori, ja vuonna 1848 sen nimi muuttui Maanmittauksen ylihallitukseksi. 1850-luvulla metsähallinto yhdistettiin maanmittaushallintoon, koska Suomen metsävarat tulivat kaupallisen kiinnostuksen kohteeksi. Yhdistämisen tuloksena syntyi Maanmittauksen ja metsänhoidon ylihallitus. Viraston tärkein tehtävä oli valtionmetsien kartoittaminen sekä

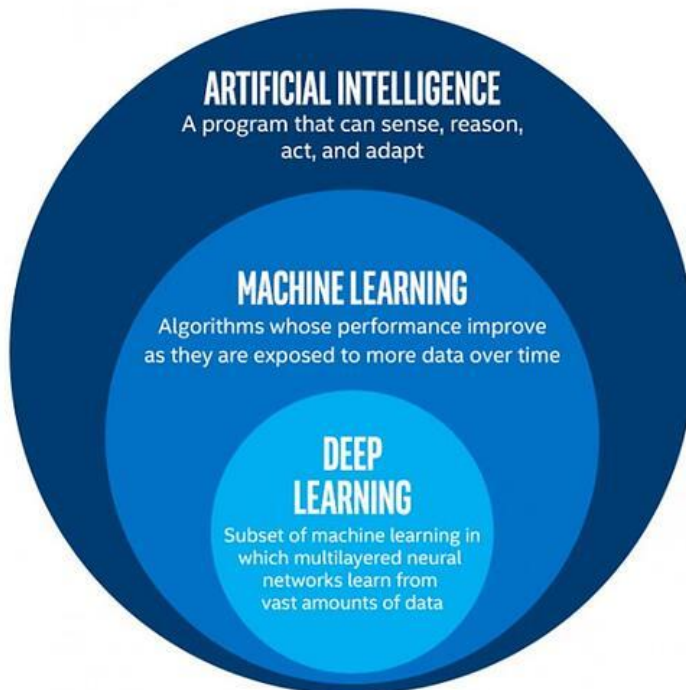
metsien laadun ja laajuuden selvittäminen. Metsä- ja maanmittaushallinnon liitto päättyi Metsähallituksen perustamiseen 1859. Kun Suomi oli itsenäistynyt, maanmittaustoiminnot eriytyivät, ja eri osastoille annettiin omia tehtäviä hoidettavaksi.

1970-luvulla valmistui koko maan kattava kartasto. Maanmittaushallitus muuttui Maanmittauslaitokseksi. Paikkatietoalan huippututkimukseen keskittynyt Geodeettinen laitos sekä maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus Tiken tietotekniikan kehittämistehtävät yhdistettiin Maanmittauslaitokseen vuoden 2015 alussa. [4; 5; 6.]

3 Tekoäly

”Tarkoitukseni ei ole järkyttää teitä - haluan vain sanoa, että tällä hetkellä on olemassa koneita, jotka ajattelevat, oppivat ja luovat uutta ... tulevaisuudessa niiden ratkaisemien ongelmien joukko tulee olemaan verrattavissa siihen ongelmien joukkoon, jonka ratkaisemiseen nyt käytetään ihmisen mieltä.” - Herbert Simon 1957.

AI (Artificial Intelligence) eli tekoäly. Tekoäly luokitellaan älykkääksi ohjelmaksi tai koneeksi, joka yrittää ajatella ja oppia. Tekoäly pystyy päättämään vastauksen kysymykseen siihen syötetyn tiedon perusteella. Tekoäly koostuu algoritmeista, koodista ja isosta määrästä dataa. (kuva 1) [7; 8.]



Kuva 1. Tekoäly ja sen osa-alueet [22].

Tekoäly voidaan jakaa kahteen ryhmään: heikkoon (*artificial narrow intelligence, ANI*) tai vahvaan tekoälyyn (*general AI*). Heikko tekoäly on se, mikä tunnetaan nykyisin parhaiten. Heikolla tekoälyllä tarkoitetaan yksittäisissä tehtävissä taitaviin suorituksiin kykeneviä algoritmeja. Heikko tekoäly pystyy ratkaisemaan tai tekemään vain yhden asian kerrallaan, esimerkiksi vain etsimään yhtäläisyyksiä isosta määrästä dataa. Vahva tekoäly taas tarkoittaa koneen kykyä jäljitellä inhimillistä älykkyyttä, eli se kykenee

itsenäiseen ajatteluun. Vahvaa tekoälyä ei ole kuitenkaan vielä pystytty luomaan. [7; 8; 9, s. 8.]

Periaatteessa tekoäly on ollut olemassa jo pitkään: taskulaskin on esimerkki heikosta tekoälystä, se suorittaa yhtä tehtävää ja on siinä ihmistä nopeampi ja parempi. Toinen yleisesti käytetty esimerkki on shakin pelaamiseen kykenevä tekoäly: jokainen siirto perustuu ennalta määritettyihin käskyihin, joiden mukaan ohjelma tekee siirrot. Tekoäly ei tiedä shakista pelinä sinänsä mitään, eikä se osaa arvioida, mikä on ”hyvä” tai ”huono” siirto muuta kuin todennäköisyyksien mukaan.

3.1 Koneoppiminen

Koneoppiminen (*machine learning*) on tekoälyn osa-alue. Koneoppimisessa on kyse sellaisten algoritmien luomisesta, joiden avulla tietokone voi oppia. Jotta tietokone pystyisi oppimaan, sen pitää löytää tilastolliset säännöllisyydet tai muita kuvioita datasta. Koneoppimisessa siis koneen pitää itsenäisesti päätyä haluttuun lopputulokseen ilman ennalta määriteltyä algoritmia. Koneoppiminen voidaan jakaa moneen alakategoriaan. Koneoppimisen alakategorioita on ohjattu koneoppiminen (*supervised learning*), ohjaamaton oppiminen (*unsupervised learning*), vahvistusoppiminen (*reinforcement learning*) ja puoliohjattu koneoppiminen (*semisupervised learning*). [7; 9, s. 6; 10.]

Ohjatussa koneoppimisessa algoritmeja opetetaan antamalla niille opetusjoukkoja eli luokiteltua dataa. Algoritmi sitten tekee annetusta datasta mallin. Algoritmille syötetään erilaista dataa, jota se vertaa sille jo annettuun luokiteltuun dataan. Kun algoritmi vertailee dataa keskenään, se oppii tunnistamaan virheitä syötetystä datasta. Ohjattu koneoppiminen on yleisin tekniikka neutraalien verkostojen ja päätöksentekopuiden kouluttamiselle. Nämä molemmat riippuvat ennalta määritetystä datasta. Ohjattua koneoppimista käytetään paljon tulevaisuuden ennustamiseen ja siinä käytetään historiallista dataa. [10]

Ohjaamatonta koneoppimista käytetään silloin, kun ei ole luokiteltua dataa ennestään ja algoritmin pitää itse ymmärtää tieto, joka sille annetaan. Algoritmin tavoitteena on löytää datasta samanlaisuuksia ja ryhmitellä niitä. [10]

Vahvistusoppimisessa algoritmi oppii kokemuksista ja virheistä, mitä sen pitää tehdä. Algoritmile annetaan palautetta siitä, kuinka hyvin se on tehnyt asiat, ja tästä se oppii. Oppiminen jaetaan kolmeen eri osaan: *agentti* eli se, joka tekee kaikki päätökset; *ympäristö* eli kaikki asiat, joiden kanssa agentti on yhteydessä; ja *toiminta* eli se, mitä agentti voi tehdä. Vahvistusoppimisessa tavoitteena on se, että agentti tekee annetut tehtävät onnistuneesti tietyssä ajassa. Vahvistusoppimista käytetään itseajavissa autoissa. [10]

Puoliohjattu koneoppiminen on ohjatun ja ohjaamattoman välissä. Se käyttää luokiteltua ja ei-luokitettua dataa yhdessä. Puoliohjattua koneoppimista käytetään siksi, että se säästää rahaa, koska ei tarvitse luoda niin paljon valmiiksi luokiteltua dataa. [10]

Mitä on koneoppiminen käytännössä? Sen voisi määritellä niin, että "kone" on tietokone, tietokoneohjelma ja "oppiminen" on sitä, että oppii ratkaisemaan ongelmia kokemuksen avulla. Siten tietokoneen ohjelmoija ei kirjoita kaikkea ohjelmakoodia (tarkkoja sääntöjä) valmiiksi, vaan ohjelmoija ohjeistaa tietokonetta niin, että se oppii esimerkeistä, "kokemuksista". Jos ohjelmoija tässä onnistuu, monissa tapauksissa tietokoneohjelma voi ratkaista ongelman paremmin ja nopeammin kuin ihminen. Koneoppiminen vaatii paljon tietoa, dataa. Nykyään tätä dataa kerätään valtavia määriä kaikenlaisista asioista, koska kerääminen on halpaa ja tallennustilaa riittää. Sitä ei kuitenkaan ole hyödynnetty tarpeeksi.

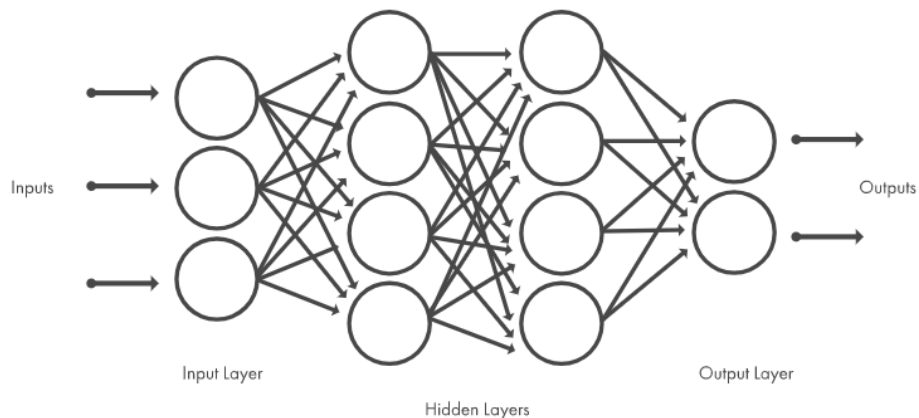
Esimerkkejä:

- *Kasvojen tunnistus*. Jos ihminen (ohjelmoija) yrittäisi tehdä ohjelman, jossa olisivat kaikki säännöt ihmisen kasvojen tunnistamiseen, siinä ei onnistuttaisi. Sitä varten tietokoneelle näytetään suuri määrä esimerkkejä, joista ohjelma sitten tunnistaa relevantit piirteet.
- *Suositusjärjestelmät*. "jos katsoit tämän elokuvan, niin sinua voisivat kiinnostaa nämä"; "ostit tämän tuotteen, muut ovat ostaneet myös näitä tuotteita tämä tuotteen kanssa" jne.

3.1.1 Syväoppiminen

Syväoppiminen (*deep learning*) on koneoppimisen osa-alue, jossa pyritään imitoimaan aivojen toimintaa. Syväoppimisessa tietokone malli oppii suorittamaan luokittelutehtäviä suoraan kuvista, tekstistä ja äänestä. Malleja koulutetaan käyttämällä oppimisdataa ja neuroverkkoarkkitehtuureja, jotka sisältävät monia kerroksia. Syväoppimista käytetään esimerkiksi itseohjautuvissa autoissa, puheentunnistuksessa ja konenäyssä. [11]

Suurin osa syväoppimisesta käyttää neuroverkkoja. Neuroverkko (kuva 2) koostuu yleensä joukoista yksinkertaisia solmuja, joiden välillä on joukko liitoksia. Tietoa käsitellään verkossa liitoksien välityksellä aktivaation leviämisenä solmulta toiselle. Neuroverkko oppii sille annettujen esimerkkien perusteella, sitä ei siis suoraan ohjelmoida vastaamaan tiettyyn syötteeseen tietyllä tavalla. Oppiminen tapahtuu liitoksien voimakkuuksien muutoksina. Voimakkuuksien muutos kuitenkin tapahtuu ohjelmoinnin avulla. [12]



Kuva 2. Neuroverkot koostuvat kerroksista, jotka koostuvat neuroneista [11].

Neuroverkko koostuu syötekerroksesta (*input layer*), ulostulokerroksesta (*output layer*) ja siinä välissä olevasta piilokerroksesta (*hidden layer*). Yleensä neuroverkko sisältää kaksi tai kolme piilotettua kerrosta, mutta syväoppimisessä siinä voi olla jopa 150 piilotettua kerrosta, joilla kaikilla on oma tehtävänsä. [9, s. 7; 11.]

3.1.2 Hahmontunnistus

Hahmontunnistus (*pattern recognition*) on koneoppimiseen kuuluva osa-alue, jossa tavoitteena on tunnistaa datasta malleja tai kaavoja. Hahmontunnistus voidaan jakaa kolmeen luokkaan: tilastollinen, syntaktinen ja neuraalinen hahmontunnistus. Tilastollisessa hahmontunnistuksessa etsitään hahmoa, jolla on tilastollinen jakauma kussakin luokassa, joihin kyseisen piirteen avulla halutaan luokitella. Syntaktisessa hahmontunnistuksessa luokittelu tehdään oletuksella, että jokin rakenne on olemassa. Neuraalinen hahmontunnistus on epälineaarinen regressiomalli, joka hankkii itsenäisesti datassa olevat piirteet ja muodostaa näiden välille monimutkaisia riippuvuussuhteita. [9, s. 9–10.]

4 Paikkatieto ja teknologia

Teknologia ja paikkatieto tulevat yhdistymään enemmän. Teknologia muuttaa sitä, kuinka paikkatietoa kerätään, ylläpidetään ja hyödynnetään. Paikkatiedossa tullaan käyttämään enemmän big dataa ja tekoälyä.

4.1 Big data

Big data tarkoittaa isojen ja järjestämättömien tietomassojen keräämistä, säilyttämistä ja analysointia tietoteknisten ratkaisujen avulla. Big data voi olla tekstiä, kuvaa, videoita tai äänidataa. Big datalla voidaan tehdä asioita, jotka eivät ole ennen olleet mahdollisia tehdä tai ne ovat olleet todella kalliita. [13; 14, s. 12–13.]

Big datan ansiosta paikkatiedossa siirrytään kohti hajautettua tiedonhallintaa sekä tehokkaita, rinnakkaistettuja algoritmeja hyödyntäviä paikkatietoratkaisuja. Paikkatiedossa suuret aineistot ja spatiaalisuuden merkitys tietojen yhdistämisessä ovat tärkeitä, joten paikkatiedolla ja big datalla on paljon yhteistä. Kaikkien paikkatietoaineistojen voidaan katsoa olevan big datan eri muotoja. Paikkatiedossa laserkeilattua aineisto, kännyköiden sijaintitiedot tai erilliset gps-reitit ovat big dataa. [14, s. 12–13.]

Big datan hyödyntämisen keskeisenä asiana on tietoinestojen yhdistäminen, jossa paikkatieto voi olla irrallisen datan yhdistäjä. Avoin data ja avoimet rajapinnat auttavat big datan keräämistä ja hyödyntämistä. Paikkatiedossa tavoitteena olisi saada tieto avoimemmaksi, saatavammaksi sekä parantaa tietoinestoihin yhdistämistä ja niiden käytettävyyttä. [14, s. 12–13.]

Paikkatieto myös itsessään auttaa big datan jäsentämisessä. Paikkatieto sitoo datan aikaan ja paikkaan ja siten rajattuun kontekstiin. Juuri big datassa on tärkeää päästä käsiksi relevanttiin informaatioon, oikeassa paikassa ja oikeaan aikaan. [14, s. 12–13.]

4.2 Tekoäly paikkatiedossa

Tekoäly vaikuttaa paikkatiedon keruuseen, päivittämiseen ja sovelluksiin, jotka hyödyntävät paikkatietoa. Paikkatiedon keruussa syväoppimista ja muita tekoälymenetelmiä voidaan soveltaa kuva- ja laserkeilausaineistoissa. Tekoälyä voitaisiin myös soveltaa paikkatietokantojen päivityksessä ja aineiston laadun varmistamisessa. Tekoälyn hyödyntämisen takia paikkatietoon tulee suurempia vaatimuksia mallintamiselle, saatavuudella ja laadulle. [14, s. 13–15.]

Nykyisin paikkatiedon hyödyntämisen ongelmana on datan analysointi, kuten kaiken big datan kanssa on. Nykyisin dataa tuotetaan paljon enemmän kuin sitä osataan analysoida ja hyödyntää. Tekoäly voi tuoda datan analysoinnin ongelmiin ratkaisun. Tekoäly voi pilvipalveluiden avulla olla verkostojen ja taustalla olevissa prosesseissa mukana. Näin paikkatietoa voitaisiin analysoida jatkuvasti ja helposti. [14, s. 13–15.]

Paikkatiedossa tekoälyä ja sen hahmontunnistusominaisuutta käytettäisiin satelliittikuvien tutkintaan ja yksityiskohtaiseen erittelyyn. Esimerkkinä tästä on Orbital Insight -yritys. Yritys käyttää useita lähteitä paikkatiedon hankkimiseen ja tekoälyä kaiken analysointiin. Se käyttää EO- (*electro-optical satellite imagery*), SAR- (*synthetic aperture radar*), UAV- (*unmanned aerial vehicle*), AIS- (*automatic identification system*) ja paikannussignaaleja. Yritys käyttää näistä hankittua dataa seurataksaan ihmisten liikettä, lähes reaaliaikaisesti maankäyttöä ja esineiden tunnistusta. [14, s. 14; 15.]

4.3 Esineiden internet

Esineiden internet (*internet of things, IoT*) on esineiden, ajoneuvojen ja laitteiden yhdistämistä internetiin ja syntyneen datan yhdistämistä muuhun dataan. Esineiden internetin avulla voidaan kerätä suuria määriä dataa reaaliaikaisesti, voidaan ennaltaehkäistä tai hallita riskejä, tehostaa toimintaa ja tehdä ekologisempia valintoja. [13; 14, s. 17.]

Tällä hetkellä erilaiset älylaitteet keräävät jatkuvasti dataa ihmisten liikkumisesta, käyttäytymisestä ja kuluttamisesta. Kun aletaan saada lisää dataa sensoreista ja muista

laitteista, jotka eivät vielä ole kiinni verkossa, datan määrä tulee kasvamaan. Tämän uuden datan analysointi luo paljon uusia mahdollisuuksia. [14, s. 17–18.]

5 Tekoäly ja väylänpito

Väylänpidon ja tekoälyn tutkimiseen tässä käytetään Ellinoora Korpelan diplomityötä [13], jossa hän tutkii mahdollisuuksia väyläviraston (entinen liikennevirasto) väylänpidon kehittämiseen tekoälyn avulla. Väylänpitoon sisältyy väylien päivittäistä kunnossapitoa, kuten talvikunnossapitoa tai rakenteiden ja laitteiden huoltoa, väylien ikääntymiseen ja kulumiseen liittyvää ylläpitoa, kuten väylärakenteiden uusimista, sekä väyläomaisuuden hallintaa. [18]

5.1 Tien mallintaminen

Tien kunnosta kerätään erilaista dataa, kuten tien ominaisuustietoja ja liikennemääriä.

Päällystetyltä tieverkolta kerätään laserteknologian avulla palvelutasomittauksia 17 pisteen laserpalkilla varustetulla ajoneuvolla. Lasermittauksella saadaan tietoa muun muassa tien poikki- ja pituusprofiileista. Datan avulla voidaan lisäksi laskea tien kuntoa kuvaavia tunnuslukuja, kuten sivukaltevuus, urasyvyys, pituussuuntainen epätasaisuus sekä muita tien pinnan ominaisuuksia kuvaavia tekijöitä. Tiestön tilanteesta kertovaa dataa ovat myös tieverkolta kerättävät kuvat sekä asiakasyhteydenotot.

Väyläviraston haasteista tällä hetkellä on toimenpiteiden kohdistaminen sekä ylläpidossa että tiedon käsittelyssä, sillä lähdetiedot eivät ole riittävän tarkkoja ja luotettavia. Datassa voi olla syöttö- ja muokkausvirheitä, koska ne pitää tehdä manuaalisesti. Voi syntyä tilanteita, joissa datan perusteella tien kunto on hyvä mutta todellisuudessa ei. Ongelmia voi olla myös datassa, toisen mukaan kunto hyvä, mutta toisen mukaan ei. Ongelmana on myös se, että kaikkea dataa nykyisessä muodossa on vaikea ottaa huomioon.

Näihin ongelmiin tekoäly toimii hyvin, sillä se pystyy käsittelemään isoja datamääriä. Tekoälylle voitaisiin syöttää tiestä kerättyä dataa, jota se sitten analysoisi. Jos nykyinen kuntoennustus pohjautuu paljon mittaushistoriaan, tekoälyn avulla voitaisiin ottaa huomioon uusia tekijöitä, kuten sää, liikennemäärä ja tehdyt toimenpiteet. Tekoäly myös pystyisi löytämään tien kunnan kehittymisestä kertovia kaavoja datasta, jota ei ole tähän mennessä pystytty hyödyntämään, tai data on ollut liian epätarkka ihmisen analysoitavaksi.

Tekoälyä voidaan myös käyttää tien mallinnuksen luomiseen, mikä ei ole ollut vielä mahdollista, vaikka kerättyä dataa olisi tarpeeksi. Koneelle voitaisiin opettaa esimerkki datalla hyväksytyistä arvoista, joista kone tekisi normaalimallin ja loisi rajat, joiden sisällä parametrien pitää olla. Kun kone näkisi, että uusi syötetty tien kohta olisi rajojen sisällä, se hyväksyisi tien, ettei se tarvitse korjausta. Tekoälyä voitaisiin myös käyttää tunnistamaan eri datalähteiden keskinäisiä suhteita ja ristiriitaisuuksia. Näin se voisi korjata ongelman, kun mittaustiedon perusteella tie on hyväksyttävässä kunnossa, vaikka se ei todellisuudessa ole. Tekoälyn virheiden korjauksessa olisi hyvä käyttää asiantuntijaa, joka voisi vahvistaa tai korjata sen virheitä. Näin kone oppisi ja tekisi vähemmän virheitä. Tieverkon mallinnuksessa voitaisiin käyttää näitä kokeellisia datankeruumenetelmiä:

- tietoa mallipohjaisella tiivistämisellä
- tiesään ennustaminen Google StreetView-kuvien avulla
- asfalttipäällystetyömaan automaattinen työmaaseuranta
- tilannekuva sekä automatisoitu tiedontuotanto metsäsektorin kuljetuksista
- tiealueen monitorointi
- laserkeilauksen hyödyntäminen päällystevaurioiden tunnistamiseen
- puutavaraliikenteen tienkäyttötiedot
- 360–kuva-aineiston tuottaminen ja hyödyntäminen.

Useampaa datalähdettä yhdistämällä saataisiin mallista paljon kattavampi ja luotettavampi. Tieverkon mallinnus tekoälyn avulla tukisi väyläviraston tehtävää edistää koko liikennejärjestelmän toimivuutta, liikenteen turvallisuutta ja alueiden tasapainoista kehitystä sekä strategisia päämääriä ja toiminnan logiikkaa. [16, s. 60–65.]

5.2 Väylien ylläpidon ohjelmointia

Väylien ylläpidossa käytetään ohjelmointia, jonka tavoitteena on suunnitella tieverkon ylläpitoa. Ohjelmoinnissa tarkoituksena on pystyä käyttämään annettu raha mahdollisimman tehokkaasti ja kestävästi sekä korjausvelan ja yhteiskunnan tarpeiden näkökulmasta. Asiantuntijat tietävät kaikki huonokuntoiset tieosuudet. Tieosuuksista on tietoja, joiden perusteella tehdään suunnitelmia siitä, voidaanko ne lisätä päällystysohjelmaan. Korjattavat tiet pyritään valitsemaan liikenteen turvallisuuden ja

sujuvuuden parantamisen perusteella sekä myös niin, että tiet tulevat säilymään hyväksyttynä mahdollisimman pitkään. Lisäksi saatu asiakaspalautte, elinkeinoelämän vaatimukset, arviot kustannuksista sekä kiviaineksen että urakoitsijan sijainnin perusteella otetaan huomioon.

Kun asiantuntijan päätöksen tekemiseen saatavilla olevan datan määrä tulee kasvamaan, tekoälyä voitaisiin hyödyntää väylien ylläpidon ohjelmoinnissa kohteiden priorisoinnissa, toimenpiteiden optimoinnissa ja urakoiden muodostamisessa. Kohteiden priorisoinnissa tekoälyn avulla voitaisiin ennustaa kohteiden kuntoa useammilla tekijöillä, kuten säällä tai liikennemäärillä. Tekoäly voisi hyödyntää ennustamaan alueellisia muutoksia liikenteen kysynnässä. Se voisi myös tunnistaa tehdyistä urakoista onnistumisia tai epäonnistumisia. Tästä saatu tieto parantaisi ohjelmaehdotusten laatua. Tässä käytettäisiin asiantuntijaa, joka opettaisi tekoälyä korjaamalla tai vahvistamalla sitä. Tekoäly voisi myös päättää, kuka olisi tietyn tieosuuden urakoitsija urakoitsijan sijainnin, kiviaineksen saatavuuden ja kuljetuskustannusten perusteella. Näistä se sitten muodostaisi urakkaehdotuksia. Tekoäly tukisi näitä päämääriä kehittämällä tietovarantoja sekä uudistamalla ja tehostamalla toimintaa tiedonhallinnan ja analytiikan avulla. Tekoäly vähentäisi ihmisen tekemää arviointia, mutta ihmistä tarvittaisiin silti tekoälyn opettamiseen. [16, s. 65–68.]

5.3 Väylänpidon asiakirjat

Väylänpidossa on paljon asiakirjoja, jotka sisältävät urakan tarjouspyynnön yhteydessä julkaistut lähtötiedot, hoidon ja ylläpidon laatuvaatimuksia, työselityksiä, ohjeita, menetelmätietoa ja määräyksiä. Näiden asiakirjojen tarkoituksena on ohjata väylänpittoa tekevän urakoitsijan työtä. Asiakirjan tehtävänä on varmistaa riittävä ja tasainen laatu toimivan ja turvallisen infran ylläpitämiseksi. Pelkoa aiheuttavana kysymyksenä on se, että kun pääurakoitsija voi antaa toiselle urakoitsijalle tehtävän, liikkuvatko myös asiakirjat eteenpäin.

Tähän ongelmaan tekoälyä ja etenkin tekstintunnistusta voitaisiin hyödyntää. Tekstintunnistus voisi käydä läpi asiakirjat ja tunnistaa sieltä tärkeitä kohtia sekä päällekkäisyyksiä ja ristiriitaisuuksia eri asiakirjojen välillä. Näin voitaisiin luoda paljon tiiviimpää ja yhteisempää dokumentointia, joka parantaisi viestintää ja kommunikaatiota

urakoitsijoille. Tekstintunnistusta voitaisiin hyödyntää myös tarjouspyyntöjen läpikäymiseen. Tekstintunnistus vertailisi tarjousta tarjouspyyntöön ja siellä esitettyihin valintakriteereihin. Voitaisiin analysoida, millä tasolla esitetyt kriteerit täyttyvät, ja tarjota apua asiantuntijan päätöksenteon tueksi. [16, s. 69–71.]

5.4 Muita käyttökohteita

Tekoälyn käyttöä voitaisiin jatkaa myös muihin kohtiin. Sitä voitaisiin käyttää vaikka rahoituksen ohjaamiseen oikeisiin kohteisiin. Väyläviraston tehtävänä on pystyä laskemaan, kuinka paljon rahaa tarvitaan teiden päällysteisiin, siltoihin ja ratojen päällysrakenteisiin. Virastolla on kaikille omat laskentajärjestelmät, joiden avulla lasketaan rahoitustarve. Ongelmana on kuitenkin liian alhainen rahoitustaso, minkä takia kaikkia huonokuntoisia kohteita ei voida korjata. Tekoäly voisi parantaa rahoituksen riittävyttä pyrkimällä kohdistamaan rahoitusta sekä ajallisesti ja sijainnillisesti nykyistä tarkemmin erilaisten ennusteiden avulla. [16, s. 71–73.]

Tekoälyä voitaisiin hyödyntää toimenpidetarpeen ennustamisessa ja toimenpiteiden optimoinnissa. Yksi väylänpidon toimenpidehaasteista on talvihoito, koska olosuhteet voivat muuttua nopeasti ja vaikuttaa liikenteeseen. Toimenpiteitä voitaisiin ennustaa yhdistämällä eri järjestelmissä olevaa dataa keskenään, esimerkiksi säädataa yhdistettäisiin tehtyihin toimenpiteisiin ja siten voitaisiin ennustaa tarvetta toimenpiteille. [16, s. 74–76.]

Muita tekoälyn käyttökohteita voisi olla asiakasvuorovaikutus, jossa olisi palvelunohjausta sekä asiakasdatan analysointia. Muita hyödyntämiskohteita voisivat olla

- liikenteen kysynnän ennustaminen
- kaapelin sijainnin tunnistaminen kuvantunnistuksen avulla
- datan automaattinen luokittelu.

Nämä eivät liity suoraan väylänpitoon, mutta tekoälyn hyödyntämismahdollisuudet ovat merkittäviä. [16, s. 82–85.]

5.5 Haasteita

Tekoälyn käyttämisessä on erilaisia haasteita. Yhtenä haasteena on datan kerääminen suoraan tienkäyttäjältä ja erityisesti yksityissuojan tuomat haasteet. Useimmat ajoneuvot tuottavat dataa, mutta usein data menee pelkästään autojen valmistajille, jotka eivät ole halukkaita jakamaan dataa ilmaiseksi. Ajoneuvon omistajalla ei ole mahdollisuutta päättää siitä, kuka saa hyödyntää ajoneuvon tuottamaa dataa. Haasteena on myös datan varastoinnin ja tuottamisen hajauttaminen eri järjestelmiin, toimijoille ja projektiportaaleihin. Väylävirasto on yhdistelmä muita virastoja, jotka käyttivät eri järjestelmiä, joten data ei ole suoraan yhteensopivaa. Järjestelmissä on myös tallennettu vain käyttökelpoista dataa, ja raaka data on jäänyt pois. Haasteena on myös organisaation toimintamallien ja prosessien muuttaminen. Toimintamallien muuttaminen on vaikeaa ja hidasta. Uusien toimintamallien ja teknologian yhden testin perusteella voi saada hyvät tulokset, mutta jos testi on tehty rajatulla alueella, se ei välttämättä toimisi laajalla alueella. [16]

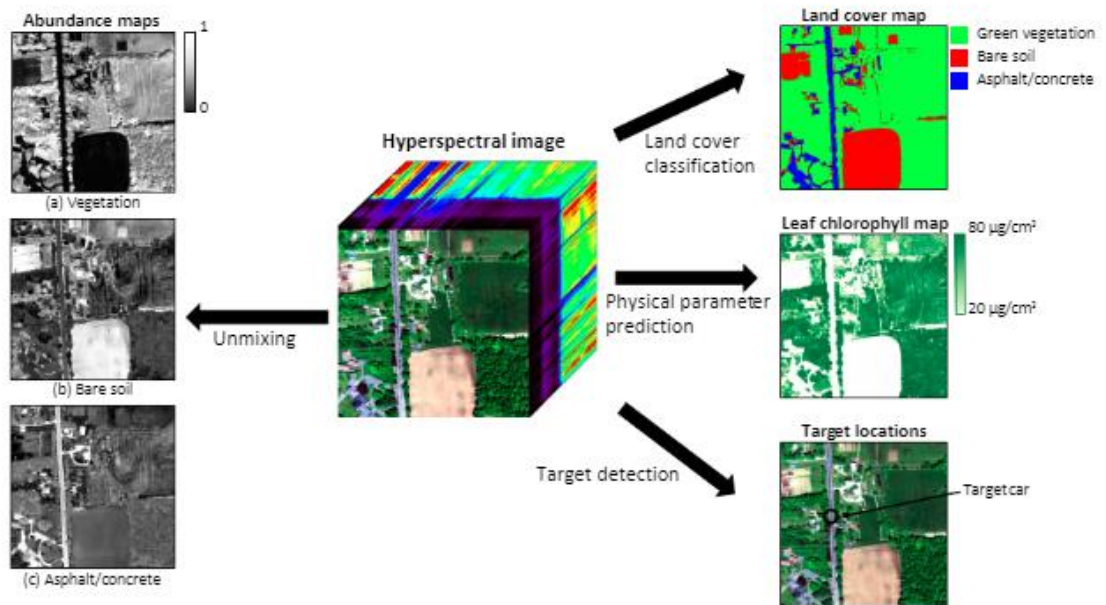
6 Tekoälyn käyttö hyperspektrikuvauksessa

Hyperspektrikuvaus on kuvaava spektrometri, jossa jokainen kuvapikseli sisältää kohteesta heijastuneen säteilyn spektrin. Hyperspektrikuvausta voidaan verrata tavalliseen digikameraan, jossa kamera erottaa sinisen, vihreän ja punaisen valon vastaanotetusta säteilystä ja muodostaa niistä kuvan, josta sitten saadaan värikuva. Digikamerassa on vain kolme kanavaa, kun taas hyperspektrikuvassa on satoja hyvin kapeita kanavia, jotka sijaitsevat perätysten kattaen suuremman aallonpituusalueen. Useimmat kuvaavat spektrometrit toimivat näkyvän valon ja lähi-infrapunasäteilyn alueella. Kuvaava spektrometri tallentaa kuva-alueen eri kohdista saapuneen säteilyn kuvapikseleiksi, mutta sitä ennen se hajottaa kuvapikseleihin saapuneen säteilyn spektriksi. Tästä syntyy kolmiulotteinen hyperspektrikuva kaksiulotteisen sijaan. Kolmas ulottuvuus vastaa kuvapikseleiden edustamien kohteiden heijastusspektrejä. [18]

Oleellista hyperspektrikuvissa on se, että kuvan kanavat kattavat tasaisesti instrumentin havaitseman aallonpituusalueen, kanavia on riittävästi ja ne ovat tarpeeksi kapeita. Näin kohteiden spektraaliset heijastusominaisuudet voidaan määrittää tarkasti, ja sen avulla voidaan tunnistaa kohde tai tehdä kohteesta erilaisia havaintoja. Hyperspektrianturit voidaan laittaa kiinni lentokoneisiin ja satelliitteihin. Ne voivat kuvata ja kartoittaa maanpäällystettä sekä maankäyttöä. Ne voivat myös havaita, sijoittaa kohteita ja ymmärtää materiaalien fysikaalisia ominaisuuksia suurella maantieteellisellä alueella. [18; 19, s. 1.]

6.1 Data-analyysitehtäviä

Hyperspektrikuvauksessa käytetään neljää eri data-analyysitehtävää: maanpeittoluokittelu, kohteiden havaitsemisen, fysikaalisten parametrien arviointi ja unmixing. (kuva 3)



Kuva 3. Hyperspektrikuvausten erilaiset data-analysitehtävät [19, s. 2].

6.1.1 Maanpeiteluokittelu

Maanpeiteluokittelu (*land cover classification*) on prosessi, jossa materiaali tunnistetaan hyperspektrikuvan jokaisen pikselin alla. Tarkoituksena on luoda hyperspektrianturin kuvaamalle maantieteelliselle alueelle kartta, josta käy ilmi, kuinka erilaiset materiaalit jakautuvat. Maanpeiteluokittelua käytetään kasvilajien luokittelussa, kaupunkikuvan luokittelussa, mineraalien tunnistamisessa ja muutosanalyseissa. Maanpeiteluokittelussa hyperspektrikuvaus on parempaa, koska se antaa enemmän tietoa materiaalien kemiasta. [19, s. 3.]

6.1.2 Kohteiden havaitseminen

Kohteiden havaitsemisen (*target detection*) tehtävänä on löytää ja paikantaa kohdeobjekti hyperspektrikuvasta objektin referenssispektrin mukaan. Kohde voi koostua kuvassa muutamasta pikselistä tai olla pienempi kuin yksi pikseli. Kohdetta, joka on pienempi kuin yksi pikseli, sanotaan ali-pikselikohteeksi (sub-pixel). Kohteen havainnot voidaan käyttää tiedustelussa, seurannassa sekä muilla aloilla kuten maataloudessa ja harvinaisessa mineraaligeologiassa. [19, s. 3.]

6.1.3 Fysikaalisten parametrien arviointi

Fysikaalisten parametrien arviointi (*physical parameter estimation*) on materiaalien ominaisuuksien, kuten kemikaalien sisällön, hiukkasten rakeisuuden ja tiheyden ennustamisprosessi spektreistä. Fysikaalista parametrien arviointia voidaan käyttää ennustamaan lehtien biokemiaa, hiekan jyvän kokoa, kasvillisuuden biomassaa ja maaperän ravinteita. [19, s. 4.]

6.1.4 Unmixing

Hyperspektrin sekoittaminen on prosessi puhtaan materiaalien osuuksien palauttamiseksi kuvan jokaisesta pikselistä. Esimerkiksi maatalousmaata kuvattaessa alue pikselin alapuolella voi koostua kahdesta eri materiaalista, jossa mitattu spektri on yhdistelmä materiaaleja. Puhdasta materiaalispektriä kutsutaan ”loppukäyttäjäksi”. Loppukäyttäjä voidaan tietää aikaisemmin tai löytää kuvasta käyttämällä loppukäyttäjän erotusalgoritimia. Hyperspektrin sekoittamista tarvitaan esimerkiksi kartoitettaessa vihreää kasvillisuutta, veden laatua ja kaupungistumistutkimuksia. [19, s. 3–4.]

6.2 Tekoäly

Koska hyperspektrikuvaus koostuu sadoista kanavista eikä vain kolmesta, sitä harvoin analysoidaan visuaalisesti. Sen sijaan käytetään algoritmeja, jotta saataisiin merkityksellistä tietoa kuvista. Tekoälyn menetelmistä hyviä tähän tarkoitukseen ovat koneoppiminen ja hahmontunnistus. Ne toimivat hyvin, koska ne kykenevät automaattisesti oppimaan kuvan jokaiselle pikselille kaapatun spektrin ja halutun erotettavan tiedon välisen suhteen. Nämä menetelmät ovat parempia, koska ne pystyvät käsittelemään epävarmuustekijöitä mitatussa aineistossa paremmin kuin perinteiset, joissa pitää käyttää manuaalisesti suunniteltuja malleja. [19, s. 1–2.]

6.2.1 Gaussin mallit

Gaussin mallit (*multivariate Gaussian models*) ovat perusta useimmille algoritmeille maanpeiteluokittelussa ja kohteen havaitsemisessa. Käytetty hyperspektrinen maanpeiteluokituksen algoritmi on neliöllinen diskriminanttianalyysi, joka tunnetaan nimellä suurin todennäköisyysluokitin (*maximum likelihood classifier*). Se on malli, jossa tietojen luokkaehdollisen jakauman oletetaan kuvatuksi monimuuttujagaussin jakaumana keskiarvovektoreiden ja kovarianssimatriisien avulla arvioitua maksimaalista todennäköisyyttä käyttämällä.

Gaussin malleja voidaan käyttää myös hyperspektaalisissa poikkeavuuksissa, esimerkiksi Mahalanobis-etäisyysilmäinmallia, jossa hyperspektraalisen kuvan pikseliarvoja merkitään käyttämällä Gaussin monimuuttujamenetelmää, ja poikkeamiksi merkitään pikselit, joilla on pieni todennäköisyys jakauman alapuolella. Voidaan myös käyttää ReddXiaoli-ilmaisinta, joka mallintaa vain testipikselin ympärillä olevan alueen Gaussin jakauman mukaan eikä käytä koko kuvaa. [19, s. 7.]

6.2.2 Lineaarinen regressio

Koneoppimisessa voidaan käyttää erilaisia menetelmiä hyperspektrikuvien analysointiin. Yksi niistä on lineaarinen regressio. Lineaarinen regressio (*linear regression*) on laajalti käytetty menetelmä datan analyysiin. Sitä käytetään fyysisten parametrin arvioinnissa ja sekoittamisongelmissa. Linearisessa regressiossa on ohjattua koneoppimista, joka oppii lineaarisen suhteen oikeiden syöttömuuttujien joukon ja lähtömuuttajan välillä. Fyysisen parametrin estimoinnissa ohjattua koneoppimista käytetään kiinnittämään parametri spektrin reaktanssiarvoihin tai spektristä johdettuihin ominaisuuksiin. [19, s. 7–8.]

6.2.3 Logistinen regressio

Hyperspektrikuvauksessa voidaan käyttää myös logistista regressiota (*logistic regression*), jota käytetään pääasiassa maanpeiton luokitteluun kaukokartoituksessa. Logistista regressiota on käytetty pikseliteknisessä luokittelussa, mutta se auttaa rakentamaan edistyneempiä algoritmeja, jotka käyttävät ensemble-menetelmää ja

syväoppimista. Suorituskyvyn parantamiseksi logistista regressiota on koulutettu/opetettu ominaisuuksista, jotka on johdettu hyperspektritiedostoista. Logistisessa regressiossa voidaan käyttää puoliohjattuja koneoppimismenetelmiä. Menetelmissä merkataan leimaamaton tieto käyttäen heurestiikkaa ja kasvatetaan harjoittelujoukkoja merkityllä datalla. Leimaamattomissa pikseleissä, joilla on neljä leimattua naapuripistettä, annetaan leimatun pikselin luokka leimaamattomalle ja se lisätään koulutusjoukkoon. [19, s. 8.]

6.2.4 Tukivektorikoneet

Hyperspektraalisen datan analyysien eniten käytettyjä algoritmeja ovat tukivektorikoneet (*support vector machine, SVM*). Tukivektorikoneita on käytetty kaikissa datan analyysitehtävissä (maanpeiteluokittelu, kohteen havaitseminen, fysikaalisten parametrien arviointi ja unmixin). Tukivektorikone luo päätöksentekorajan, jossa on suurin marginaaliväli datanäytteille, jotka kuuluvat eri luokkiin. Päätöksentekoraja voi olla lineaarinen tai epälineaarinen vain ytimiä käyttämällä. Käyttämällä ytimiä voidaan data heijastaa korkeimpaan ulottuvuuteen, jossa on lineaarisen päätöksenteon hypertaso, joka puolestaan vastaa epälineaarisen päätöksentekopinnan asettamista alkuperäiseen piirtotasoon. [19, s. 8.]

Tarkimmassa tukivektorikonepohjaisessa maanpeittokartoitusmenetelmässä hyödynnetään spatiaalisia ja spektrisiä ominaisuuksia, kuten laajennettuja morfologisia ominaisuuksia. Laajennetut morfologiset ominaisuudet generoidaan soveltamalla sarjaa morfologisia avaus- ja sulkemisoperaatioita erikokoisilla rakenteellisilla elementeillä hyperspektrikuvan pääkomponenttikaistoille. [19, s. 8–9.]

Kohteen havaitsemisessa on käytetty tukivektorikoneeseen liittyvää algoritmia, jota kutsutaan tukivektoritietojen kuvaukseksi. Tukivektoritietomenetelmä tuottaa minimaalisesti sulkevan hypersfääriin, joka sisältää kaikki harjoitustiedot. Kohteiden havaitsemisessa kohdepikselin keinotekoinen koulutusjoukko voidaan luoda lisäämällä Gaussin kohinaa (multinomial Gaussian noise) kohdereferenssi spektriin, ja mikä tahansa koe-elementti, joka kuuluu aineistoa ympäröivän hypersfääriin sisäpuolelle, voidaan merkitä kohteeksi. [19, s. 9.]

6.3 Haasteet

Hyperspektrisen datan analyysin haasteena on sellaisten mallien rakentaminen, jotka ovat riippumattomia kuvauksen ajankohdasta, vuodenajasta, paikasta, alustasta, spatiaalisesta resoluutiosta, spektrin resoluutiosta ja anturitekniikasta. Tästä syystä on keskitytty tekemään vain malleja tietyille kuville. Tällöin malli on rakennettu tietyistä kuvasta ja se on testattu samaan kuvaan, mutta tarkoituksena on parantaa mallia niin, että sitä voidaan käyttää muihin kuviin. [19, s. 20.]

Haasteena tulee olemaan hyperspektrikuvauksen lisääntyminen ja maasta hankitun tiedon vähentyminen. Tämä johtaa siihen, ettei isoissa kuvatiedoissa ole yhtään tai vain vähän maasta hankittua tietoa (*ground truth*). Tämän takia algoritmit eivät pysty käymään läpi tai hyödyntämään niin isoa datamäärää, jossa ei ole tarpeeksi maasta hankittua tarkkaa tietoa. Haasteena hyperspektrikuvauksessa on, että standardimenetelmät puuttuvat ja ilman standardisoituja menetelmiä on vaikea päättää siitä, mikä menetelmä toimisi parhaiten tiettyyn ongelmaan. [19, s. 20–21.]

7 Tekoäly ja UAV

UAV:t (unmanned aerial vehicles) luovat ison mahdollisuuden maanmittauksessa. Niillä on mahdollista tehdä topografisia mittauksia paljon nopeammin mutta yhtä hyvällä tarkkuudella kuin perinteisillä tavoilla. Tämä vähentää mittauksen kustannuksia ja mittaajan tekemää työmäärää. [20]

UAV:t keräävät ilmakuvaa maahan kohdistuvilla sensoreilla, joita ovat RGB, multispectral kamera ja LIDAR. Sensorit kaappaavat, mittaavat, siirtävät ja tallentavat tietoa havaitsemalla suuntaukset ja mallit reaaliajassa. UAV:n hyötynä on se, että se pystyy keräämään dataa jopa viisi kertaa nopeammin tavallisiin menetelmiin verrattuna. UAV:n käyttö on huomattavasti turvallisempaa, ja se mahdollistaa pääsyn vaikeimpiinkin paikkoihin. [20]

Maanmittauksessa UAV:ta voidaan käyttää kartografiassa. Voidaan luoda korkearesoluutioisia ortomosaiikkeja ja yksityiskohtaisia 3D-malleja. Näiden avulla voidaan luoda nopeasti ja helposti kiinteistörekisterikarttoja. Kuvista maanmittaaja näkee ominaisuuksia, kuten jalkakäytäviä, kylttejä ja viemäreitä. Kuvien prosessointien jälkeen on mahdollista tehdä yksityiskohtaisia korkeusmalleja, ääriviivoja ja maa-alueiden tai rakennusten 3D-rekonstruktioita. Kuvien prosessointiin voitaisiin käyttää geospaatialista tekoälyä, (geospatial AI) joka on geospaatialisen tiedon ja tekoälyn yhdistelmä. Geospaatialinen tekoäly voi kerätä tietoa itsenäisesti, ja se voi käsitellä tietoa reaaliaikaisesti. Tekoälyä on ennenkin käytetty maantieteellisissä tietojärjestelmissä (geographic information systems, GIS), mutta se on tarvinnut ihmisen apua tekemään päätöksiä. Tekoälyn kehityksen takia on mahdollista saada tarkempaa analytiikkaa uusilla tilastollisilla malleilla ja autonominen droonikartoitus parantamaan tehokkuutta. (kuva 4) [20; 21.]



Kuva 4. UAV:sta otettu kuva, jossa tekoäly on merkinnyt esim. talojen paikat [21].

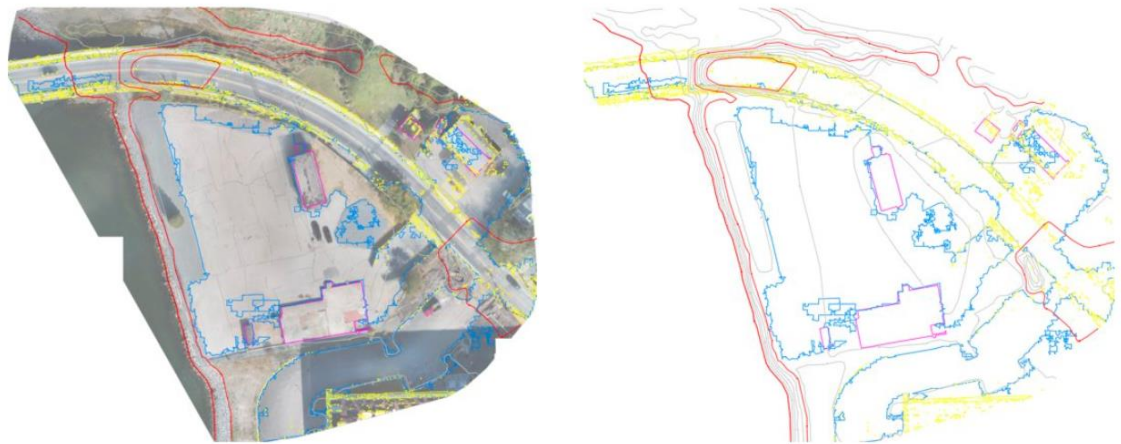
Yhdistämällä GIS ja UAV:t, jotka käyttävät tekoälyä, annetaan mahdollisuus koneille hahmottaa ja ymmärtää maailmaa uusilla tehokkailla tavoilla. Kehittyneellä tekoälyn ominaisuuksilla on iso vaikutus sellaisen maantieteellisiin ja sijaintipohjaisen tiedon keräämiseen, analysointiin ja ennustamiseen, jotka tulevat hyödyntämään maatalous-, energia- ja rakennusaloja. Geospaatialisen tekoälyn parannetun tiedon etsinnän ja tehokkaan visualisoinnin automatisoinnilla tämä tarjoaa isoja mahdollisuuksia eri toimialoilla. [21]

UAV:ta käytetään maankäytössä ja kehityksessä. Ne nopeuttavat ja yksinkertaistavat topografisia tutkimuksia. UAV:illa kuvatut kuvat tarjoavat myös perustan yksityiskohtaisille malleille paikan topografiasta rakennusta edeltäviä teknisiä tutkimuksia varten. Niillä luotu data voidaan siirtää CAD- tai BIM-ohjelmistoihin.

"BIM-teknologialla (Building Information Modeling, BIM, rakennuksen tietomalli) rakennuksesta luodaan digitaalisesti yksi tai useampi todellisuutta vastaava virtuaalimalli. Nämä mallit tukevat rakennuksen ja rakentamisen suunnittelua kaikissa vaiheissa ja mahdollistavat paremman analytiikan ja hallinnan kuin manuaaliset prosessit. Digitaalisesti koostetut mallit sisältävät rakennuksen täsmällisen geometrian ja tiedot, joita tarvitaan rakentamisen, osien valmistuksen ja hankintatoimen tukena rakennusvaiheessa." -Handbook of BIM [37]

Vaikka UAV:illa luodun tiedon keruu tapahtuu nopeasti, niin ihmisen pitää kuitenkin käyttää paljon aikaa tehdäkseen kerätystä tietojoukosta CAD-piirustuksia ja luodakseen nykyisten olosuhteiden suunnitelma. Tähän ongelmaan tekoäly antaa ratkaisun. AirWorks-niminen yritys on tekemässä tekoälyä käyttävän ohjelmiston, joka prosessoi

UAV:illa hankitun tiedon automaattisesti käyttökelpoiseksi CAD-tiedostoksi. (kuva 5) [20; 22.]



Legend: Buildings / Roads / Sidewalks / Major Contours 5' / Minor Contours 1'

Kuva 5. AirWorksin ohjelmalla luotu CAD-piirustus [20].

Ohjelmassa yritys käyttää koneoppimista ja syväoppimista, joiden avulla ohjelmisto tunnistaa UAV:n kuvista eri ominaisuudet, piirtää sitten ominaisuudet ja toimittaa käyttäjälle CAD-tiedoston .dxf-muodossa. Ohjelma automatisoi toistuvien ja aikaa vievien ominaisuuksien piirtämisen, minkä takia ihminen voi keskittyä vain lisäarvotehtäviin ja laadunvalvontaan. Ohjelma pystyy piirtämään yleisempiä piirteitä kuten teitä, jalkakäytäviä, kasvillisuutta ja rakennuksia. Yritys uskoo, että aikaa kuluu noin 50 % vähemmän näissä tehtävissä. [22]

UAV:ita voidaan myös käyttää erilaisten kasojen tilavuusmittauksissa. 3D-kartoitusohjelmissa on mahdollisuus saada tilavuusmittauksia. Tätä ominaisuutta voidaan käyttää vaikka laskemaan kaivoksissa ja louhoksissa olevat varastot inventointia tai seuranta varten. UAV:t mahdollistavat paljon tarkemman tilavuusmittauksen, joka on turvallisempi tehdä. [20] Tässä tehtävässä voidaan myös käyttää tekoälyä. Airobotics on yritys, joka tarjoaa ajoitettuja ja tilattavia ilmakuvauks-, tiedonkeruu-, prosessointi- ja analytiikkaominaisuuksia. Yrityksen UAV nousee ja laskeutuu itsenäisesti ja järjestelmä analysoi ilmakuvia luomalla tarkkoja ortokuvia ja digitaalisia korkeusmalleja, jotka auttavat maanmittauksen tuloksissa / raporteissa. [24]

8 Robotiikka

Maanmittauksessa kuten monella muullakin alalla on automatisointi ajan myötä lisääntynyt enemmän ja enemmän. Edistyksellisiä ominaisuuksia tulee lisää, ja vanhat kehittyvät edelleen – takymetritkin jo automatisoivat monia vaiheita. Yleistä työnkulkua virtaviivaistetaan. Automatisoinnissa on kuitenkin aivan uusi potentiaali, ja se on todellisissa roboteissa, jotka automatisoivat maanmittauksen ja rakentamisen. Kiinnostus automatisoitujen ja älykkäiden laitteiden käyttöön on lisääntynyt varsinkin vaarallisissa paikoissa, jotka on tarkistettava ja kartoitettava.

Jo pitkään on haluttu automatisoida tietyt rakentamisen ja maanmittauksen vaiheet, etenkin työnkuluissa, joissa on rutiininomaisia ja työläitä tehtäviä, tai tilanteissa, joissa työturvallisuus on ongelma. Jos ihmiset pystytään vapauttamaan tärkeämpiin tai kognitiivisiin tehtäviin ja annetaan koneiden tehdä toistuvia tai vaarallisia tehtäviä, saadaan enemmän aikaiseksi vähemmässä ajassa. Tehokkuusvaatimus on tavallinen nyky maailmassa, ja tehokkuuden saavuttamiseksi suunnitellaan ja tehdään tämänkaltaiset robotit.

Robotit maanmittauksessa: onko niitä? Internetistä hakemalla ei kovinkaan paljon löydy tietoa, ja tästä päätellen voisi olettaa, että ihan kovin helposti ei ihmistä tällä alalla korvatakaan. Tietysti UAV:t ovat myös eräänlaisia robotteja nekin, mutta varsinainen robotti on kuitenkin hiukan eri asia. Seuraavaksi esittelen muutamia esimerkkejä, joista yksi on jo käytössä monessa maassa ja toinen on vasta kehitteillä oleva robotti, jolla on jonkinlaista tekoälyä eli *deep learning* -taitoa.

8.1 Tiny Surveyor



Kuva 6. Tiny Surveyor-robotti [25].

Tiny Surveyor (kuva 6) on maanmittausrobotti, jolla pystytään saavuttamaan hyviä tuloksia. Se pystyy integroitumaan jo olemassa olevaan GNSS-järjestelmään ja tukee standardeja CSV- ja DXF-formaatteja. Se voidaan integroida myös takymetriin, jotta saadaan tarkemmat korkeustiedot. Nopeus on 4,5 km/h, käyttöliittymänä on tabletti, ja sitä voidaan kauko-ohjata jopa 500 metriin asti. Se merkitsee sekä pisteitä että linjoja (suoria, kaarevia, pisteillä tai jatkuvaa viivaa), ja sen tarkkuus on 1–2 cm. Sitä voidaan käyttää maanmittaukseen, aurinkovoimaloiden perustusten tekoon, messuhalleissa järjestettävien messujen tekoon yms. Tiedot ladataan laitteeseen CSV- ja DXF-tiedostoina USB:n kautta. [25]

Käytännön esimerkkejä

- Yksi maailman johtavista yrityksistä aurinkosähköpuistojen perustamisessa, jolla on projekteja ympäri maailmaa, käyttää Tiny Surveyoria. Kun yhtiön työntekijät alkoivat käyttämään robottia, ilmeni, että se oli viisi tai kymmenen kertaa nopeampi kuin ihminen asettaessaan pisteitä aurinkokennojen perustalle.
- Takymetrin kanssa Tiny Surveyorilla voidaan esimerkiksi messuhalleissa merkitä 600 pistettä tunnissa.
- Geopartner käyttää Tiny Surveyoria merkitsemään aurinkokennoppuistoja. Koska tällaisessa projektissa on tehtävä tuhansia pisteitä, robotti lisää maanmittarin työn nopeutta monikertaisesti. Geopartner on myös käyttänyt robottia as-built-mallien mittauksiin ja todennut tarkkuuden olevan erittäin korkea. Geopartnerin teknillinen johtaja Bjarne Juul sanoo: "Robotin tarkkuus on verrattavissa ihmisen tarkkuuteen, kun sitä käytetään rakennettuihin mittauksiin."

8.2 Spot

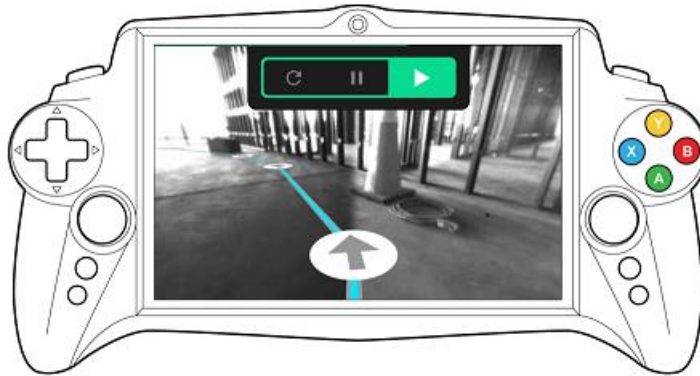
Spot®, valmistajana Boston Dynamics, on kehittynyt robotti, jolla on konenäkö, koneoppimista ja ehkäpä hiukan myös *deep learning* -taitoja, joten voidaan jo melkein puhua tekoälyä käyttävästä koneesta.

Spot-sovellusalusta tai -robotti soveltuu erityisen hyvin joihinkin maanmittaus- ja rakennustehtäviin, koska se pystyy tarjoamaan yhdenmukaisen tuloksen, työskentelemään pidempään, kestää enemmän "kolhuja" ja voi kohdata enemmän vaaroja kuin työntekijä. Se voi myös helposti navigoida eri työmaiden muuttuvissa ympäristöissä, syrjäisissä paikoissa ja epätasaisessa maastossa. [26]

Spotin nopeus on 1,6 m/s, toiminta-aika 90 minuuttia, ja sen akku on vaihdettavissa. Se on "tarkkanäköinen", sillä se käyttää stereokameroita liikkuakseen ja väistääkseen ihmisiä, esteitä yms. Sen näkökenttä on 360 astetta. Spot on rakennettu kestäämään pölyä ja vettä, ja siinä on törmäyssuojaus. Se toimii -20...+45 asteen lämpötiloissa, ja pystyy kantamaan 14 kg tavaraa/laitteita. Siinä on helppo ja joustava API-rajapinta sekä Software Development Kit, joten myös kolmannet osapuolet pääsevät muokkaamaan

sitä ja kehittämään omia "kykyjä" (<https://github.com/boston-dynamics/spot-sdk>). Sen avulla voidaan muokata kartoittamista, navigointia ja tehtävien editointeja. [26]

Spotissa on Autowalk-ominaisuus, eli sille voidaan nauhoittamalla tehdä reittejä, joita pitkin se kulkee ja samalla suorittaa nauhoitettuja tehtäviä reitin varrella. Se voi toistaa näitä tehtäviä jatkuvasti ja mukautuu reitin muuttuviin ominaisuuksiin. (kuva 7) [26]



Kuva 7. Autowalk [23].

Esimerkiksi yhdysvaltalainen maanmittauskojeita, GPS-järjestelmiä ja ohjelmistoja valmistava yritys aikoo varustaa Spotin omalla X7-laserkeilaimella. (kuva 8) Tätä tehdään yhteistyössä kolmannen osapuolen sekä tietysti robotin valmistajan Boston Dynamicsin kanssa. Monisuuntainen tiedonsiirto robotin ja näiden kahden muun yrityksen hyötykuormien/laitteiden ja pilvisovelluksen välillä tukee jatkuvaa tiedonkulkua, ja näin tiedot ovat nopeasti eri ihmisten ja ammattiryhmien saatavilla. [27]



Kuva 8. Boston Dynamic "SPOT" platform varustettuna laserkeilaimella [27].

Projektin tarkoituksena on parantaa turvallisuutta vaarallisissa ympäristöissä, lisätä tehokkuutta ja johdonmukaistaa tiedonkeruuta.

8.3 CivDrone



Kuva 9. CivDrone-UAV [34].

Jokainen rakennustyö noudattaa tarkkoja suunnitelmia ja ohjeita. Kun projektisuunnitelma toteutetaan reaali maailmassa, maanmittaaja sijoittaa suunnitelmien mukaan fyysiset merkit. Nämä pisteet sisältävät ohjeet suoritettavista töistä, esimerkiksi siitä, kuinka syväälle pitää kaivaa, jotta putkilinja saadaan oikealle syvyydelle. Suurin osa rakennustehtävistä vaatii fyysistä merkkäamista, jopa sellaiset yksinkertaiset tehtävät kuin tien kaiteen ja jalkakäytävän tekeminen. Tämä on työlästä ja aikaa vievää työtä, ja lisäksi voi tulla merkintävirheitä ja nämä taas lisäävät kustannuksia.

CivDronen (kuva 9) innovatiivinen merkkäusmekanismi on asennettu yrityksen kehittämään UAV:hen, joka on varustettu RTK-järjestelmällä. Alun perin nämä UAV:t ovat muiden kehittämiä, ja ne pystyvät kantamaan raskaan taakan. CivDrone mukauttaa sitten droonin laskutelineitä niin, että sen kehittämä "robottimekanismi" mahtuu hyvin mukaan. RTK-järjestelmän lisäksi UAV:issa on mukana älykäs algoritmi, joka laskee suunnitelmien mukaan turvalliset ja tarkat laskeutumiset. UAV ja sen sisältämät laitteet ja ohjelmat ovat vain osa kokonaisuutta. Myös nämä käytetyt älykkäät merkit linkittyvät dynaamisesti pilvipalveluissa oleviin suunnitelmiin. [33; 34.]



Kuva 10. CivDrone sekä "älykäs" merkki [35].

UAV lentää itsenäisesti haluttuihin koordinaatteihin ja lisää fyysiset, älykkäät merkit maahan (kuva 10) (ei spray-maalilla vaan fyysisellä "merkkipaalulla"). Tarkkuus on alle tuuman. Tätä merkkiä, joka sisältää elektronisessa muodossa kaikki tehtävät ja piirustukset, voivat rakentajat "lukea" sitten omalla älypuhelimellaan / tabletti-laitteellaan liikkeessaan työalueella. (kuva 11)



Kuva 11. CivDrone-esimerkki sovelluksesta, joka lukee merkkejä [35].

Tämä CivDrone sopii hyvin lineaarisiin rakennusprojekteihin, joissa vaaditaan satoja tai tuhansia merkkejä päivässä. Tällaisia ovat esimerkiksi junaraiteet, tiet, tuulivoimalat, aurinkovoimalat, putkilinjat yms.

CivDronen perustajan Yeshurunin mukaan "useimmat rakennusvaiheen tehtävät tullaan tekemään yhdessä ihmisen ja robotin kanssa". Hän arvioi, että nämä robotit toimivat ympäri vuorokauden ja näin tuottavat parempia tuloksia kuin ihmiset. Samaan aikaan amerikkalaiset presidenttiehdokkaat julistavat (tätä tutkielmaa kirjoittaessa), että USA:n vanhenevaan infrastruktuurin on käytettävä miljardeja dollareita. Tämä älykäs rakentaminen ja robotit voivat olla lähempänä toteutua kuin kuvitellaankaan. [34]

9 Tulevaisuus

RICS (*the royal institution of chartered surveyors*) Insights-raportissa "The Impact of Emerging Technologies on the Surveying Profession" käytettiin Remit Consultingin "prosessimallia" maanmittareiden taitojen ja erikoisosaamisen tarkastelemiseen sekä sen arvioimiseen, miten uusi tekniikka voi vaikuttaa niihin. Se yksilöi 43 perustehtävää, ja näistä melkein puolen, kahdeksantoista, arvioitiin olevan automaatiolle erittäin haavoittuvia seuraavan kymmenen vuoden aikana. 20 muuta tehtävää osoittaa merkittävän haavoittuvuuden saman ajanjakson aikana. [28] Asiantuntijat uskovat, että muutos on suuri seuraavina vuosikymmeninä. Ei ole liioiteltua sanoa, että tekoäly tulee muuttamaan maanmittausalaa sekä tietysti muitakin aloja. Onko tämä kaikki potentiaali toteutettavissa maanmittauksessa sekä muualla, on jo toinen asia. Jo tällä hetkellä AI virtaviivaistaa suunnittelua ja prosesseja, lisäksi tietojen talteenotto moninkertaistuu nyt ja tulevaisuudessa.

Ihmisten mielikuva maanmittauksesta (kuva 12) ja mittaajista on perinteinen: maanmittaajat ulkona laitteineen tekemässä mittauksia.



Kuva 12. Perinteinen käsitys maanmittaajasta [36].

Kaikki uusi tekniikka, vaikkapa GPS, UAV:t yms, ovat helpottaneet prosessia ja työtehtäviä. Kuitenkin perusasiat ovat pysyneet pitkälti samoina. Tulevaisuudessa ihmisten mielikuva voisikin olla, että maanmittaajat istuvat konttorilla, lennättävät UAV:ita, käyttävät robotteja ja tekevät valtaosan työstään päätteellä.

Maanmittaajia tarvitaan, ja he ovat kysytyjä. Tämä kova kysyntä voi johtaa siihen, että projektin loppuun vieminen voi kestää nykyään useita kuukausia. AI tuo tähän aivan varmasti helpotusta: tiedon keruu nopeutuu, tietoa käsitellään tehokkaammin ja saadaan 2D/3D CAD-mallit yms. aina vaan nopeammin. Ihmiset pääsevät näin tietoihin huomattavasti nopeammin käsiksi, ja aikaa ja rahaa säästyy. Jo nyt AirWorksin ohjelmisto tekee toistettavat, aikaa vievät tehtävät, kuten teiden, rakennuksien ja kasvillisuuksien piirtämiset, ja nämä työt ovat sitten pois maanmittausryhmiltä. Ja ohjelmistot kehittyvät koko ajan. Tämä antaa ihmisille aikaa keskittyä tekemään vaativimmat työt, joissa tarvitaan edelleen ihmisen ajattelukykyä.

Onko kaikella tällä automaatiolla, roboteilla, tekoälyllä ja muilla vaikutusta maanmittaajien ammattikunnan tulevaisuuteen? Päästäänkö vähemmällä työvoimalla tulevaisuudessa, kun pienempi joukko ammattilaisia pystyy tekemään saman kuin nykyään isompi joukko? Kuoleeko maanmittaaja ammattina? Saadaanko nuoria alalle, saadaanko heidät kiinnostumaan alasta esimerkiksi tekoälyn avulla? Tulevaisuutta on vaikea ennustaa: saadaanko kaikki uusi tekniikka käyttöön ja kuinka paljon sitä hyödynnetään. "Maanmittaajat ovat monitaitoisia ammattilaisia, ja jokainen erikoistuminen jakaa perustyöt muiden tieteenalojen kanssa", kertoo Remit Consultingin Andrew Waller. [31]

Koska 88 % näistä tehtävistä soveltuu automatisointiin uuden, nousevan tekniikan kautta, voimme odottaa seuraavan vuosien aikana automaation tekevän kauaskantoisia muutoksia ammatissamme.

Neljäs teollinen vallankumous on menossa. Toisille se on kauhistuttavaa ja toisille jännittävää, vaikka ollaan vasta sen alkuaajoilla. On jo nyt selvää, että teknologinen kehitys muuttaa perusteellisesti elämämme ja työskentelytapamme. Erityisesti tekoäly automatisoi monia tehtäviä, joita ihmiset perinteisesti tekevät. Tähän asti tekoälyllä on ollut rajoitettu vaikutus koko talouteen, mutta muutos on tulossa ja nopeasti. Tähän kelkkaan pitää myös maanmittauksen hypätä: ei voi vaan jäädä paikoilleen polkemaan.

JLL:n brittiläisen tutkimuksen johtajan Nick Whittenin [29] mukaan AI:n vuotuisten investointien ennustetaan nousevan 250 miljardiin dollariin vuoteen 2025 mennessä, mikä johtaa asteittaiseen muutokseen tekniikan käytössä vuoteen 2030 mennessä. AI:n käyttöönottoa helpottaa 5G:n käyttöönotto. "Liitettävyyden on sen ytimessä", Whitten sanoo. "Meillä on käytännössä wifi-laadukkaat yhteydet sekä rakennetun ympäristön sisällä että sen ulkopuolella". [29]

10 Yhteenveto

Maanmittausalalla on pitkä historia, ja maanmittaus on edelleen tarpeellista. Kun alan historiaan, nykyisyyteen ja tulevaisuuteen perehtyy näin lopputyön merkeissä, syntyy mielikuva, että ala on tällä hetkellä isojen päätösten edessä: Paljonko tulevaisuudessa panostetaan tekoälyyn? Tähän mennessä tekoälyyn ei ole maanmittausalalla sijoitettu rahaa niin paljon kuin muilla aloilla.

Vaikka maanmittauksen periaatteet ovat pitkälti samoja kuin aikoinaan, ovat laitteet ja menetelmät kehittyneet valtavasti. Todennäköisesti kymmenen vuoden sisällä maanmittaajan työ tulee tähänastista nopeammaksi, turvallisemmaksi ja helpommaksi sellaisten uusien tekniikoiden kuin skannauksen, mobiilikartoituksen ja UAS-valokuvametrian avulla. Lisäksi virtuaalinen asettelu, jota tukee lisääntyneen todellisuuden tekniikoiden lisääntynyt käyttö, vaatii vähemmän maastossa oloa, jolloin voidaan välittää merkitystietoja niin, että mittaajat eivät joudu vaaraan. Työaika toimistolla luultavasti lisääntyy, ja apuna voidaan käyttää tehokkaita tietojen poimintaan ja prosessien automatisointiin tarkoitettuja ohjelmistoja.

Tekoäly kaikissa muodoissaan kehittyi koko ajan kiihtyvällä vauhdilla. Se tulee auttamaan kaikilla aloilla, myös maanmittauksessa. Jo nyt tekoälyä käytetään monissa tehtävissä ja koneissa. Tietokoneet kehittyneet kovasti, laskentatehoa riittää ja dataa tulee koko ajan enemmän ja enemmän käytettäväksi. Nyt tarvitaan datan hyödyntämistä, jotta paljon aikaa vaativat työtehtävät saadaan tehtyä nopeammin ja paremmin. Pilvipalvelut ovat tulleet jäädäkseen, ja niitä on helppo hyödyntää muuallakin kuin toimistoissa.

UAV:t pystyvät jo nyt tekemään "isoja" asioita. Kun niihin saadaan lisää tekoälyä, asiat helpottuvat, ja data on prosessoitu jo pitkälti valmiiksi.

Myös robotit kehittyvät koko ajan. Tästä esimerkkinä on tässä lopputyössä mainittu Spot, joka vaikuttaa jo nyt hyvinkin käyttökelpoiselta ja jota kehitetään jatkuvasti. Uudet startup-yritykset, joita perustetaan sekä maanmittaus- että rakennusosalalle, ottavat tekoälyä käyttöön yhä laajenevassa määrin.

Lähteet

- 1 Coutts, Brian & Strack, Mick. 2017. Is there still a (land) surveying profession. Verkkoaineisto. ResearchGate. <https://www.researchgate.net/publication/321917497_Is_there_still_a_land_surveying_profession>. Luettu 2.3.2020
- 2 Laurila, Pasi. 2010. Mittaus- ja kartoitustekniikan perusteet. E-kirja. Rovaniemen ammattikorkeakoulu.
- 3 Vermeer, Martin. 2019. Geodesia: Kaiken perusta. Diplomityö. Aalto-yliopisto, Insinööritieteiden korkeakoulu. Aaltodoc-tietokanta.
- 4 Huhtamies, Mikko. 2012. Maanmittaus Suomessa 200 tai 400 vuotta – laskutavasta riippuen. Verkkoaineisto. Sveaborg-Viapori -projekti. Suomen Akatemian tutkimusprojekti 2010-13. <<https://blogs.helsinki.fi/sveaborg-project/2012/09/10/maanmittausta-suomessa-200-tai-500-vuotta-laskutavasta-riippuen/>>. Luettu 4.3.2020
- 5 Tietoa Maanmittauslaitoksesta. Verkkoaineisto. Maanmittauslaitos. <<https://www.maanmittauslaitos.fi/organisaatio>>. Luettu 4.3.2020
- 6 Rantatupa, Heikki. Suomalaisen maanmittauksen kehittyminen 1600-luvulta 1800-luvulle. Verkkoaineisto. Jyväskylän yliopisto. Rantatupa, Heikki. Historialliset kartat. <<https://expo.oscapps.jyu.fi/s/vanhakartha/page/suomalaisen-maanmittauksen-kehittyminen>>. Luettu 2.1.2020
- 7 Mitä tekoäly on. Verkkoaineisto. Tekoäly. <https://xn--tekoaly-eua.info/mita_tekoaly_on/>. Luettu 4.1.2020
- 8 Mitä on tekoäly? Hyädynnä tekoälyä liiketoiminnassa. Verkkoaineisto. CGI. <www.cgi.fi/fi/mita-on-tekoaly>. Luettu 4.1.2020
- 9 Tuominen, Heli; Neittaanmäki, Pekka; Niinimäki, Esko; Pölönen, Ilkka; Rautiainen, Ilkka; Äyrämö, Sami; Ruohonen, Toni; Nyrhinen, Riku; Ojalainen, Anniina; Vähäkainu, Petri & Äyrämö Sanna-Mari. 2019. Tekoälyn perusteita ja sovelluksia. E-kirja. Jyväskylän yliopisto.
- 10 Machine Learning. Verkkoaineisto. SAS Insights. <https://www.sas.com/en_us/insights/analytics/machine-learning.html>. Luettu 5.1.2020
- 11 What is deep learning. Verkkoaineisto. MathWorks. <<https://se.mathworks.com/discovery/deep-learning.html#howitworks>>. Luettu 5.1.2020

- 12 Honkela, Timo. 1996. Neuroverkot: Johdatus moderniin tekoälyyn. Verkkoainiosto. <<http://users.ics.aalto.fi/tho/stes/step96/honkela2/>>. Luettu 10.1.2020
- 13 Hovi, Johannes. 2018. Data-alan termien selitykset ja kuvaukset. Verkkoaineisto. Arihovi. <<https://www.arihovi.com/3274-2/>>. Luettu 12.1.2020
- 14 Muhli, Panu; Koskinen, Jarkko; Heinonen, Sirkka; Ruotsalainen, Juho & Parkkinen, Marjukka. 2017. Teknisen kehityksen vaikutukset Suomen paikkatietoinfrastrukturiin. Verkkoaineisto. Maanmittauslaitos. <<https://mmm.fi/documents/1410837/4108574/Teknisen+kehityksen+selvitys+PTP+loppuraportti+31082017.pdf/c814fc1b-a88d-4405-8606-2d67f4d1c71c/Teknisen+kehityksen+selvitys+PTP+loppuraportti+31082017.pdf>>. Luettu 23.1.2020
- 15 Solutions. Verkkoaineisto. Orbital Insight. <<https://orbitalinsight.com/geospatial-solutions>>. Luettu 25.1.2020
- 16 Korpela, Ellinoora. 2018. Keinoälyn hyödyntäminen väylänpidossa. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto. Trepo-tietokanta.
- 17 Korpela, Ellinoora. Väylänpito tehostuu tekoälyn ja paikkatiedon avulla. Verkkoaineisto. Maanmittauslaitos. <<https://www.maanmittauslaitos.fi/tietoa-maanmittauslaitoksesta/ajankohtaista/lehdet-ja-julkaisut/positio/vaylanpito-tehostuu>>. Luettu 3.2.2020
- 18 Lumme, Juho. 2005. Kuvaavien spektrometrien käyttö kaukokartoituksessa. Verkkoaineisto. Maankäyttö. <http://www.maankaytto.fi/arkisto/mk305/mk305_847_lumme.pdf>. Luettu 3.2.2020
- 19 Gewali, Utsav; T.Monteiro, Sildomar & Saber, Eli. 2018. Machine learning based hyperspectral image analysis: A survey. Verkkoaineisto. Researchgate. <[https://www.researchgate.net/publication/323410485_Machine_learning_base_d_hyperspectral_image_analysis_A_survey](https://www.researchgate.net/publication/323410485_Machine_learning_based_hyperspectral_image_analysis_A_survey)>. Luettu 5.2.2020
- 20 Surveying with a drone. Verkkoaineisto. Wingtra. <<https://wingtra.com/drone-mapping-applications/surveying-gis/>>. Luettu 12.2020
- 21 Brooks, Jeff. 2019. Gis, drone mapping, and artificial intelligence(AI) The high tech behind business results. Verkkoaineisto. Ariel applications. <<https://www.aerialapplications.com/blog/gis-drone-mapping-and-artificial-intelligence-ai-the-high-tech-behind-business-results>>. Luettu 12.2.2020

- 22 Artificial intelligence is redefining the drafting process. Verkkoaineisto. Airworks. <<https://blog.airworks.io/artificial-intelligence-is-redefining-the-drafting-process>>. 13.2.2020
- 23 Morczinek, David. 2019. How automated aerial data analytics could revolutionize land surveying. Verkkoaineisto. Airworks. <<https://blog.airworks.io/how-automated-aerial-data-analytics-could-revolutionize-land-surveying>>. Luettu 13.2.2020.
- 24 Surveying & mapping. Verkkoaineisto. Airobotics. <<https://www.airoboticsdrones.com/applications/surveying-and-mapping/>>. Luettu 21.2.2020.
- 25 Tiny robot. Verkkoaineisto. TinyMobileRobots. <<https://tinymobilerobots.com/tinysurveyor/>>. Luettu 2.3.2020.
- 26 Spot. Verkkoaineisto. BostonDynamics. <<https://www.bostondynamics.com/spot>>. Luettu 3.3.2020.
- 27 Lauter, Carla. 2019. Trimble and Hilti collaborate to test robotic reality capture. Verkkoaineisto. SPAR3D. <<https://www.spar3d.com/news/related-new-technologies/trimble-and-hilti-collaborate-to-test-robotic-reality-capture/>>. Luettu 6.3.2020.
- 28 Emerging technologies and the impact on the surveying profession. Verkkoaineisto. Netyield <<https://www.netyield.co.uk/13-news/98-artificial-intelligence-in-surveying>>. Luettu 7.3.2020.
- 29 Race against the machine. Verkkoaineisto. RICS. <<https://www.rics.org/uk/news-insight/future-of-surveying/data-technology/race-against-the-machine/>>. Luettu 11.3.2020.
- 30 The rise of the robot surveyor. Verkkoaineisto. Remit consulting. <<https://www.remitconsulting.com/blog/2017/7/12/the-rise-of-the-robot-surveyor>>. Luettu 15.3.2020.
- 31 Thompson, Bob & Waller, Andrew. 2017. The impact of emerging technologies on the surveying profession. Verkkoaineisto. RICS. <<https://www.rics.org/globalassets/rics-website/media/knowledge/research/insights/impact-of-emerging-technologies-on-the-surveying-profession-rics.pdf>>. Luettu 21.3.2020
- 32 Hoar, Chris; Atkin, Brian & King, Katie. 2017. Artificial intelligence: what it means for the built environment. Verkkoaineisto. RICS. <<https://www.rics.org/globalassets/rics-website/media/news/artificial-intelligence-what-it-means-for-the-built-environment.pdf>>. Luettu 22.3.2020.

- 33 CivDrone – fast, remote and reliable staking solution. Verkkoaineisto. Cordis. <<https://cordis.europa.eu/project/id/866698>>. Luettu 24.3.2020.
- 34 Mitchell, Oliver. 2019. CivDrone: Breaking through the hype by staking out a new workflow paradigm. Verkkoaineisto. Becominghuman. <<https://becominghuman.ai/civdrone-breaking-through-the-hype-by-staking-out-a-new-workflow-paradigm-750ebd8999a4>>. Luettu 27.3.2020.
- 35 CivDrone demonstration video. Video. Youtube. <<https://www.youtube.com/watch?v=XMhplDvvlw>>. Luettu 27.3.2020
- 36 Pilto, Jouni. 2012. Maanmittauslaitos: Uudistus vähentää 150 työpaikkaa. Verkkoaineisto. Yle. <<https://yle.fi/uutiset/3-6275766>>. Luettu 29.3.2020
- 37 Mitä on BIM?. Verkkoaineisto. Tekla. <<https://www.tekla.com/fi/tietoa-meist%C3%A4/mit%C3%A4-bim>>. Luettu 12.2.2020.

