EDUSKUNNAN JULKAISUT -POHJA

Tekoäly kestävän kehityksen ympäristönäkökulmasta

Laura Ruotsalainen

Apulaisprofessori, TkT

Tietojenkäsittelytieteen osasto,
Helsingin yliopisto

Suomen tekoälykeskus FCAI

Kestävyystieteen instituutti HELSUS

Sisällys

Kestävän kehityksen tavoitteet ja haasteet 3

Tekoäly edistämässä kestävän kehityksen ympäristötavoitteita 4

Älykaupungit ja automaattiliikenne esimerkkeinä kestävyysmurroksesta 4

Tekoälyyn perustuvien ratkaisujen haasteet kestävän kehityksen näkökulmasta 6

Toimenpide-ehdotukset 7

Lähteet 8

Kestävän kehityksen tavoitteet ja haasteet

Kestävän kehityksen tunnetuin määritelmä sanoo, että kestävä kehitys tukee nykyhetken tarpeita vaarantamatta tulevien sukupolvien kykyä vastata omiin tarpeisiinsa. Nykyhetken kriittisimmin pikaisia toimia vaativat tarpeet ovat köyhyyden poistaminen maailmasta, tasa-arvon kasvattaminen sekä ilmastonmuutoksen torjuminen. Kestävä kehitys perustuu kolmelle pilarille, jotka ovat **ekologinen, yhteiskunnallisesti oikeudenmukainen** ja **taloudellinen kehitys**. Näistä kuitenkin viimeinen, eli taloudellinen kehitys on useissa tulkinnoissa korvattu kulttuurisella ulottuvuudella. Syynä tähän on, että tiedeyhteisössä vallitsee erimielisyys siitä, onko jatkuvan talouskasvun tukeminen ristiriidassa kestävän kehityksen muiden pilarien tavoitteiden toteutumiselle.

Ekologinen kestävyys tukee luonnon monimuotoisuuden säilyttämistä ja ihmisen toiminnan sopeuttamista luonnonvaroihin ja luonnon sietokykyyn. Yhteiskunnallisesti oikeudenmukainen kehitys turvaa ihmisille perusoikeuksien toteutumisen ja mahdollisuuden tasa-arvoiseen osallistumiseen päätöksenteossa. Taloudellinen kestävyys peräänkuuluttaa tasaisista, kannattavaa kasvua sekä riskienhallintaa. Kulttuurinen kestävyys mahdollistaa vapaan henkisen toiminnan sekä kulttuurien moninaisuuden säilymisen ja kehittymisen. Viimeisten viidenkymmenen vuoden aikana globaali talous on lähes viisinkertaistunut, mutta kasvu on perustunut pitkälti luonnonvarojen kestämättömään käyttöön.

YK on määritellyt kestävää kehitystä tukemaan toimintaohjelman Agenda 2030, joka sisältää 17 kestävän kehityksen tavoitetta (Sustainable Development Goals, SDGs), jotka on jaettu edelleen 169: een alakohtaan. Tavoitteena on maailmanlaajuinen siirtymä kohti kestävää maailmaa, jota luonnehtii tasa-arvoisuus, vauraus, rauha ja ekologinen kestävyys. Esimerkkejä tavoitteista ovat muun muassa korkealaatuinen koulutus (SDG4) ja kestävät kaupungit (SDG11). Edelleen esimerkkinä alakohdista SDG4:lle on tavoite, että vuoteen 2030 mennessä on varmistettava, että kaikilla tytöillä ja pojilla on mahdollisuus saada laadukasta varhaiskasvatusta, hoitoa ja esiopetusta, jotta he ovat valmiita peruskoulutukseen ja SDG11:lle pääsy turvallisiin, kohtuuhintaisiin, esteettömiin ja kestäviin liikennejärjestelmiin parantamalla tieturvallisuutta erityisesti laajentamalla joukkoliikennettä kiinnittäen erityistä huomiota haavoittuvassa asemassa olevien, naisten, lasten, vammaisten ja ikääntyneiden tarpeisiin.

Ilmastonmuutos ja luonnon monimuotoisuuden häviäminen uhkaavat elämää maapallolla [IPCC 2021]. Kriittinen raja, 1.5 asteen keskilämpötilan nousu, on uhkana nykyisillä toimintatavoilla. Kestävän kehityksen tavoitteista kolme (SDG:t 13, 14 ja 15) on suunnattu suoraan estämään näitä ympäristön uhkia. Kyseiset tavoitteet ovat ilmastonmuutosta vastaan taistelu sekä vedenalaisen ja maanpäällisen elämän, kuten metsien, suojelu.

Yksittäiset ja vähäiset toimet eivät enää riitä hidastamaan ilmastonmuutosta tai ratkaisemaan luonnonvarojen kestämätöntä käyttöä. Tilanne vaatii **kestävyysmurrosta**. Kestävyysmurros tarkoittaa **systeemistä muutosta** toimintajärjestelmissä (Apajalahti et al. 2021). Tieteellisten analyysien perusteella (Vinuesa et al. 2020) tekoälyn avulla saadaan edistettyä merkittävästi suurinta osaa kestävän kehityksen tavoitteista (79% tavoitteiden alakohdista). Erityisesti ympäristötavoitteiden toteutumiselle tekoälyn on

todettu tuovan merkittävää hyötyä (93% tavoitteiden alakohdista). Tässä tekstissä käydään läpi tekoälyn vahvuuksia ja haasteita osana kestävyysmurroksen saavuttamista.

Tekoäly edistämässä kestävän kehityksen ympäristötavoitteita

Tekoälyn suurimpia vahvuuksia on, että sen avulla voidaan mallintaa monimutkaisiakin systeemejä ja kokeilla virtuaalisesti erilaisia ratkaisukeinoja. Mallinnuksen ja virtuaalisen kokeilun avulla voidaan lisätä ymmärrystä ja saada tietoa erilaisten ratkaisujen vaikutuksista sotkematta luonnon tilaa. Tästä hyvä esimerkki on liikenteen kasvihuonepäästöjen vaikutus ilmastomuutokseen ja tulevaisuuden automaattiliikenteen vaikutus tilanteeseen. Tekoälyn avulla voidaan nopeasti tuottaa ymmärrystä moninaisten mittalaitteiden avulla kerätystä tiedosta ja analysoida erilaisten asioiden yhteisvaikutuksia. Tekoälyn avulla voidaan esimerkiksi nopeasti käsitellä ja luokitella suuria määriä satelliittikuvia ja näin tunnistaa tietyn alueen erilaiset kasvillisuuspeitetyypit ja edelleen aavikoitumisen uhkia. Tekoälyn avulla voidaan tunnistaa merestä öljyvuotoja ja testata virtuaalisesti erilaisten korjaustoimien vaikutusta ekosysteemiin.

Suomalaiset yritykset ovat yleisesti hyvin tietoisia ilmastonmuutoksen torjunnan vaatimuksista ja ovat sopeuttaneet omaa toimintaansa sen mukaan. Useat yritykset laskevat ja raportoivat omaa hiilijalanjälkeään aktiivisesti ja ovat ottaneet kestävän kehityksen tärkeäksi osaksi strategiaansa. Suomalaisilla yrityksillä on todettu olevan hyviä edellytyksiä kasvattaa liiketoimintaansa tarjoamalla teknologisia ratkaisuja ilmastonmuutoksen torjuntaan. Kestävyysmurroksen saavuttamiseksi ei voida kuitenkaan enää puhua yksittäisten teknologioiden saavuttamista muutoksista, vaan asioita on katsottava suurempina kokonaisuuksina, systeemeinä. Vaaditaan toimia yritysten sekä muiden toimijoiden, myös kansalaisten, voimien yhdistämiseksi.

Älykaupungit ja automaattiliikenne esimerkkeinä kestävyysmurroksesta

Oma tutkimusalueeni on automaattiliikenne ja sen vaikutukset kestävien älykaupunkien kehittämiseen. Kaupunkiliikenteen uudistaminen on hyvä esimerkki kestävyysmurroksen toteuttamiseen tarvittavasta systeemisestä muutoksesta.

Yli puolet maailman ihmisistä asuu jo nyt kaupungeissa, ja muuttovirran seurauksena kaupunkilaisten osuus kasvaa jatkuvasti. On ennustettu, että vuonna 2050 kaupungeissa asuisi 70% maailman väestöstä. Suomessa kyseinen kaupungistumisen osuus on jo saavutettu. Vaikka kaupungit kattavat vain kaksi prosenttia maapallon pinta-alasta, niissä kulutetaan 78% maailmassa tuotetusta energiasta ja tuotetaan yli 60% maailman kasvihuonekaasupäästöistä. Kasvihuonekaasupäästöt syntyvät fossiilisten polttoaineiden, kuten bensiinin ja dieselin, palamisen sivutuotteina. Hiilidioksidin ($CO2$) ja muiden kasvihuonekaasujen, kuten metaanin ($CH4$), dityppioksidin ($N2O$) ja fluorihiilivetyjen (HFC) päästöt lämmittävät maapallon ilmakehää, mikä johtaa jo nähtävissä oleviin ilmaston muutoksiin.

Euroopan vihreän kehityksen ohjelma on esittänyt tärkeitä sektorikohtaisia toimenpiteitä parantamaan tilannetta erityisesti teollisuuden, energiantuotannon ja liikenteen osalta. Siitä on jo vahvaa näyttöä, että tekoäly tukee vähähiilisten energiajärjestelmien kehitystä sekä energiatehokkuuden parantamista. Tällä hetkellä Euroopan Unionissa liikenteen osuus kasvihuonekaasupäästöistä on 25 prosenttia, ja tästä suurin osa (70 prosenttia) tulee tieliikenteen päästöistä. Suomessa liikenne on toiseksi suurin kasvihuonekaasupäästöjen aiheuttaja, 21 % kokonaispäästöistä, ja tästä maaliikenteen päästöjä oli 94 % vuonna 2019. Suurin osa liikenteestä keskittyy kaupunkialueille ja kaupungit tekevätkin jo käytännön strategioita liikennejärjestelmänsä tehostamiseksi ja kestävyyden parantamiseksi. Esimerkiksi Helsinki ja Espoo tavoittelevat hiilineutraaliutta vuosiin 2035 ja 2030 mennessä.

On selvää, että liikenteen osalta tarvitaan isoja ratkaisuja tavoitteen saavuttamiseksi. Tieliikenteen sähköistäminen on merkittävä teknologinen muutos hiilidioksidipäästöjen vähentämistavoitteiden saavuttamiseksi. Hiilidioksidi-intensiteetti kertoo, kuinka paljon hiilidioksidia syntyy yhden kilowattitunnin sähkön tuottamiseen. Nykyisellä sähköntuotannon hiilidioksidi-intensiteetillä päästään huomattavasti vähäisempiin päästömääriin kuin fossiilisilla polttoaineilla. Tästä huolimatta sähköistäminen ei todennäköisesti ole riittävä toimi ympäristön näkökulmasta, koska sähköntuotanto ei tule olemaan hiilineutraalia vielä lähitulevaisuudessa. Oikein toteutetun automaattiliikenteen avulla voidaan vähentää liikenteessä olevien ajoneuvojen ja siten päästöjen määrää.

Automaattiliikenne on hyvin kompleksinen ja turvallisuuskriittinen systeemi. Automatisointi vaatii toimiakseen merkittäviä tekoälyn innovaatioita. Tekoälymenetelmiä tarvitaan muun muassa ajoneuvojen paikannukseen, navigointiin, ympäristön havainnointiin, päätöksentekoon ja ohjaamiseen. Tekoälyn avulla voidaan myös tehdä sopeutuvia liikennejärjestelyjä, kuten vaihtuvia liikennemerkkejä, ajonopeuden ja liikennevalojen synkronointia ja ruuhkatilanteen mukaan muuttuvia kaistamerkintöjä. Onnistuessaan automaattiliikenne mahdollistaa useiden kestävän kehityksen tavoitteiden täyttämisen.

Maailman terveysjärjestö WHO:n tilastojen mukaan liikenneonnettomuuksissa kuoli 2010-luvun lopulla maailmanlaajuisesti 1,3 miljoona ihmistä vuosittain. Onnettomuuksista yli 90 prosenttia johtui kuljettajan tekemästä virheestä tai väärästä arviosta esimerkiksi muiden ajoneuvojen liikkumisnopeudesta. Useimmiten kuljettajan tekemän virheen syynä oli matkapuhelimen käyttöön keskittyminen ajamisen sijaan. Suuri osa näistä onnettomuuksista voidaan välttää, kun havainnointi ja päätöksenteko siirretään tekoälymenetelmiin pohjautuvalle ajoneuvolle. Tietokone, jolle on annettu tehtäväksi ympäristön tarkkaileminen, keskittyy vain tähän tehtävään. Ajoneuvoihin voidaan sijoittaa erilaisia antureita, jotka pystyvät havainnoimaan ympäristöä ja tapahtumia ihmistä laajemmin ja tarkemmin. Jos anturien mittauksia jaetaan kaikkien liikenteessä mukana olevien osapuolien kanssa, tilanteesta voidaan muodostaa kokonaiskuva. Kokonaiskuvan avulla ajoneuvoja voidaan reitittää ja säädellä niiden nopeutta, pysähtymisiä ja etäisyyttä toisiinsa. Tällä tavalla estetään törmäyksiä ja ennakoidaan yllättäviäkin tapahtumia. Turvallisuuden lisäksi näin saadaan aikaan myös päästövähennyksiä, kun voidaan välttää liikennevaloihin pysähtyminen ja liikkeelle lähtöön vaadittava kiihdyttäminen.

Tekoälyyn perustuvien ratkaisujen haasteet kestävän kehityksen näkökulmasta

Kompleksiset systeemit vaativat pitkälle kehitettyjä tekoälymenetelmiä toimiakseen oikein ja luotettavasti. Nämä menetelmät kuuluvat usein tekoälyn osa-alueeseen nimeltä koneoppiminen, useimmiten vielä koneoppimisen syväoppiminen-alaluokkaan. Syväoppimisen avulla tietokone opetetaan löytämään ja ymmärtämään monimutkaisia yhtäläisyyksiä suuresta määrästä dataa. Jotta syväoppimisen avulla saavutetaan toivottu hyvä tulos, tulee tietokonetta opettaa datan avulla pitkiä aikoja. Äärimmäisissä tapauksissa voidaan puhua jopa kuukausista. Onneksi opettaminen tehdään yleensä vain muutamia kertoja, eli kulutus ei ole jatkuvaa. Suurien datamäärien kerääminen, siirtäminen ja käsittely kuluttavat paljon energiaa. On tärkeää kehittää tekoälymenetelmiä tarvittavan datan määrän ja opettamiseen kuluvien resurssien vähentämiseen, jotta tekoälymenetelmien kehittämisessä ei kumota niiden avulla saatavia kestävyyshyötyjä.

Datan saatavuus ja avoin jakaminen toimijoiden kesken on hyvin tärkeää. Esimerkiksi automaattiliikenteessä ajoneuvojen on tiedettävä oma ja muiden liikenteessä olevien sijainti ja nopeus törmäysten välttämiseksi ja liikenteen sujumiseksi. Sijaintitiedot lasketaan kuitenkin henkilökohtaiseksi tiedoksi ja niiden käsittelyssä täytyy noudattaa huolellisuutta, jottei yksityisyyden suoja vaarannu. Datan jakamisen osalta on tärkeää miettiä liiketoimintamalleja, jotka kannustavat yrityksiä jakamaan keräämäänsä dataa. On nähtävissä, että tulevaisuudessa liiketoiminta keskittyy yhä enemmän datan omistamisen ympärille.

Jotta automaattiajoneuvojen avulla saavutettaisiin tavoiteltavat kestävän kehityksen edut, tulisi tulevaisuuden liikenne järjestää automaattisten julkisten liikennevälineiden sekä yhteiskäytössä olevien automaattiautojen avulla. Koska tiheällä vuorovälillä kulkeva julkinen liikenne ja liikkuminen jaetulla automaattiajoneuvolla olisi niin paljon mukavampaa kuin perinteisesti omalla autolla itse ajaminen, ajoneuvojen kokonaismäärä parhaassa tapauksessa pienentyisi radikaalisti. Ympäristön, ja pitkälti asukkaiden, kannalta huono vaihtoehto olisi, että yksityisautojen lukumäärä kasvaisi entisestään ajamisen muuttuessa saavutettavaksi automatisoinnin myötä kansalaisille, joilla ei ole ajamiseen ollut mahdollisuutta aiemmin. Liikenteen ympäristöystävälliseen järjestämiseen tarvitaan ohjausta sekä pitkäjänteistä liikenne- ja kaupunkisuunnittelua. Lähitulevaisuudessa liikenteessä on edessä siirtymävaihe. Siirtymävaiheessa liikkeellä on yhdistelmä perinteisiä ajoneuvoja, sähköajoneuvoja ja automaattiajoneuvoja. Tilanteen toimivuuden takaamiseksi on tehtävä kattavia tekoälyyn perustuvia mallinnuksia ja tarkasteltava eri ratkaisujen vaikutusta päästöihin ja kaupunkisuunnitteluun.

Automaattiliikenne on hyvä esimerkki kestävyysmurroksen sisältämistä haasteista myös ihmisen ja teknologian suhteen monimuotoisuudesta. Kestävyysmurroksen mahdollistamiseksi tarvitaan kompleksisia systeemisiä muutoksia, jotka sisältävät useita teknologisia yksityiskohtia. Kenellä on vastuu kokonaisuudesta? Miten saadaan käyttäjät luottamaan uuteen teknologiaan ja pitämään sitä perinteisiä ratkaisuja toimivampana? Ihmisten on todettu suhtautuvan uuteen teknologiaan huomattavasti myönteisemmin, jos heillä on tarpeeksi tietoa asiasta. Viestintään ja koulutukseen on siis panostettava.

Toimenpide-ehdotukset

Hyviä ratkaisuja ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi ja luonnon monimuotoisuuden säilyttämiseksi on jo tehty paljon. Ilmastonmuutoksen nopeus on kuitenkin liian suuri pienin askelin etenemiseen, tarvitaan kestävyysmurros. Tekoälyn merkitys ilmastonmuutoksen ymmärtämisessä ja vaikutusten mallinnuksessa on kiistaton. Tekoälymenetelmien kehityksen osalta on tärkeää tasapainottaa hyötyjä ja kulutettuja resursseja. Jotta tekoälyyn perustuvien uusien ratkaisujen käyttöönotto onnistuu, on ihmiset saatava luottamaan uuteen teknologiaan ja pitämään sitä perinteisiä ratkaisuja toimivampana. Koulutus ja viestintä ovat merkittävässä asemassa ihmisten luottamuksen lisäämisessä. Kestävyysmurroksen toteutumiseen tarvitaan johdonmukaista päätöksentekoa ja poliittista ohjausta. Ilmastomuutos on vielä melko vähän nähtävissä useimmissa osissa maapalloa, joten sen uhka ei ole saanut ihmisiä laajalti muuttamaan totuttuja tapoja. Alle olen nimennyt kriittisimmät toimet mahdollistamaan tekoälyn avulla toteutetun kestävyysmurroksen.

1. Tekoälytutkimusta ja -kehitystä ei tule vaikeuttaa liian tiukalla sääntelyllä. On selvää, että tekoälyllä on merkittävä osa ilmastonmuutoksen ja luonnon monimuotoisuuden vaatimassa kestävyysmurroksessa. Ratkaistavat asiat ovat kuitenkin hyvin monimutkaisia ja ratkaisuilla on kiire, jolloin pienetkin viivytykset ja asioiden etenemisen hankaloittamiset voivat olla haitallisia. *(Valtioneuvoston kirjelmä eduskunnalle komission ehdotuksesta Euroopan parlamentin ja neuvoston asetukseksi tekoälyn harmonisoiduksi säänteIyksi (Artificial Intelligence Act). U 28/2021 vp)*

2. Kestävyysmurroksen vaatimien systeemisten muutosten toteuttaminen on kuitenkin hyvin monimutkaista ja siihen tarvitaan koko yhteiskunnan osallistumista. Tutkimuksen, yritysmaailman, päättäjien ja kansalaisten vuoropuhelua tarvitaan laajasti.

3. Tekoälymenetelmien kehittämisen ja käyttämisen resurssivaatimuksia alentavaan tutkimukseen on panostettava, jotta tekoälyn avulla toteutettujen energiankulutuksen ja päästöjen vähennyksen tuomia hyötyjä ei kumota.

4. Tekoälyn tutkimusta tulee tukea tiiviillä vuoropuhelulla muiden alojen tutkimuksen välillä, jotta kehitettävien menetelmien hyödynnettävyys toteutuu. Tämä saavutetaan linkittämällä tekoälytutkimus kestävyystieteen tutkimukseen. Kestävyystiede on ongelma- ja ilmiölähtöinen ja ratkaisuhakuinen tieteidenvälinen tutkimusala, joka tarkastelee ihmisen ja muun luonnon välisiä vuorovaikutussuhteita ja täten merkittävässä asemassa kestävyysmurroksen toteuttamisessa.

5. Yritysten keskinäistä yhteistyötä sekä yhteistyötä tutkijoiden kanssa tulee tukea, jotta voidaan siirtyä pienistä yksittäisistä parannuksista kohti suurempia systeemisiä muutoksia.

6. Datan jakaminen tulee tehdä turvalliseksi ja haluttavaksi. Erityistä huomiota tulee kiinnittää henkilökohtaisen datan yksityisyyden suojaan. Sijaintitieto on useille ilmastonmuutoksen torjumiseen liittyville ratkaisuille ensisijaisen tärkeää ja siksi sen saatavuus on turvattava yksityisyyden suojaa vaarantamatta.

Lähteet

E.-L. Apajalahti, l. Lammensalo, J. Lyytimäki, K. Soini (toim). (2021). Kestävyyspaneeli, Kuuden polun kestävyysmurrokset, tabuista toimintaan. https://www.kestavyyspaneeli.fi/2021/10/21/tutkijoiden-yhteistyolla-visioitiin-murrospolkuja-kestavampaan-tulevaisuuteen/

IPCC 2021: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte et al. (eds.)]. Cambridge University Press.

R. Vinuesa et al. (2020) The role of artificial intelligence in achieving the Sustainable Development Goals. Nature Communications, 11:233 https://doi.org/10.1038/s41467-019-14108-y.

KAINALOLAATIKKO:

