

TIIVISTELMÄRAPORTTI

AHJO – Automaation ja ihmisen vuorovaikutus johtamisjärjestelmissä

Markku Turunen (markku.turunen@tuni.fi, +358405339689), Jaakko Hakulinen (jaakko.hakulinen@tuni.fi), Jussi Okkonen (jussi.okkonen@tuni.fi), Tuuli Keskinen (tuuli.keskinen@tuni.fi) / Tampereen yliopisto

Tiivistelmä Tutkimuksen tavoitteena on ollut määritellä toimivia lähestymistapoja ihmisen ja automaation väliseen vuorovaikutukseen sotilaallisessa johtamisjärjestelmäympäristössä. Vuorovaikutustavat perustuvat maailmalla tehtyyn tieteelliseen tutkimukseen, josta on johdettu kotimaiseen ympäristöön toimivat periaatteet.

Tutkimukseen on sisällynyt teoreettinen ja kokeellinen osuus:

- 1) Teoreettisessa osuudessa on käyty läpi maailmalla tehtyä tutkimusta, ja johdettu siitä toimivia periaatteita suomalaiseen ympäristöön.
- 2) Kokeellisessa osuudessa on suunniteltu uudestaan vuorovaikutustapa jo järjestelmissä olemassa olevaan ominaisuuteen, ja testattu sen toimivuutta esim. tehokkuuden ja tilannetietoisuuden osalta.

Lopputuotteina on syntynyt:

- 1) Ohjeistusta siitä, kuinka johtamisjärjestelmäympäristössä suunnitellaan ihmisen ja lisääntyneen automaation ja autonomian välistä vuorovaikutusta
- 2) Validoitu prototyyppi, joka osoittaa, kuinka nämä periaatteet toimivat
- 3) prototyyppillä tehtyjen kvasikokeiden tulokset, joiden avulla on saatu uutta tietoa aikakriittisen toiminnan informaatioergonomiasta, tekoälyyn liittyvästä kognitiivisesta dissonanssista sekä erilaisten esitys- ja vuorovaikutusmodaliteettien mahdollisuuksista sotilasilmailun johtamisen kontekstissa.

1. Johdanto

Johtamisjärjestelmä (command and control, C2) voidaan määritellä monin tavoin, mutta yleensä johtamisjärjestelmä koostuu useista toistensa kanssa linkittyneistä järjestelmistä ja operaattoreista. Käytämme yleistä ja yksinkertaistettua määritelmää: johtamisjärjestelmä on kokonaisuus, joka mahdollistaa operaattorille tai päätöksentekijälle tilannetietoisuuden muodostamisen ja päätöksenteon ja johtamistehtävien suorittamisen (Lehto 2012, 59). Johtamisjärjestelmä mahdollistaa päätöksenteon muodostamalla tilannekuvan saatavilla olevien sijainti- ja statustietojen avulla (Lehto 2012, 59). Suomessa ja maailmalla käytetään hieman eri termejä – englanninkielinen C4ISR (command-control-communication-computers-intelligence-target acquisition) on suomeksi TVJM (tiedustelu, valvonta, johtaminen, maaliutus), ja käytännössä yleinen termi ”johtamisjärjestelmä” voi tarkoittaa mitä hyvänsä C4ISR:n alla (Lehto 2012, 59).

Johtamisjärjestelmille on tyypillistä yhdistää monenlaisia datalähteitä ja eri tasoista tietoa näytettäväksi operaattoreille yleensä jonkinlaisen karttanäkymän päällä – yleensä informaatioelementteihin kuuluu oleellisesti sekä spatiaalinen että temporaalinen komponentti. Teho-

Postiosoite	Käyntiosoite	Puhelin	s-posti, internet
Postadress	Besöksadress	Telefon	e-post, internet
Postal Address	Office	Telephone	e-mail, internet
MATINE/Puolustusministeriö	Eteläinen Makasiinikatu 8 A	Vaihde 295 160 01	matine@defmin.fi
PL 31	00130 Helsinki		www.defmin.fi/matine
FI-00131 Helsinki	Finland		
Finland			

kas ja täsmällinen päätöksenteko edellyttää tämän tiedon nopeaa havaitsemista ja ymmärtämistä.

Johtamisjärjestelmään liittyy oleellisesti myös koulutusjärjestelmä, joka tuottaa synteettisen tilannekuvan johtamisjärjestelmälle. Uusien vuorovaikutustapojen kehittäminen johtamisjärjestelmille on haastavampaa ja riskialttiimpaa kuin koulutusjärjestelmälle, mutta niiden tiedonesityshaasteet ja vuorovaikutustarpeet ovat yhtenevät. Tästä syystä tutkimuksen prototyyppi toteutettiin koulutusjärjestelmään, jolloin ihmisen ja automaation välisestä vuorovaikutuksesta voitiin myös saada helpommin kokemusta ilman uusia fyysisiä järjestelmiä. Prototypoinnin kohde valittiin siten, että saaduista kokemuksista voitiin johtaa suunnitteluperiaatteita myös johtamisjärjestelmän puolelle, joten potentiaalisia hyötyjä tulee useampaan järjestelmään.

PÄÄTÖKSENTEKO

Stantonin, Barberin ja Harrisin mukaan Boydin OODA-loop on yksi yleisimmin käytetyistä malleista, joilla pyritään kuvaamaan sotilaallista päätöksentekoa (Stanton et al 2008, 16). OODA-loop on syklinen, sisäisesti linkittynyt sotilaallisen päätöksenteon malli, joka koostuu havaitsemisesta (observe), arvioinnista (orient), päätöksenteosta (decide) ja toiminnasta (act). Mallia on käytetty kuvaamaan päätöksenteon tehokkuuden merkitystä. Oma OODA-loopia pyritään tehostamaan samaan aikaan, kun vastustajan päätöksentekoa pyritään vaikeuttamaan. Vaikka tämä onkin yksinkertaistava näkemys Boydin työstä (Osinga 2007, 315), se tarjoaa näkökulman sotilaallisen päätöksenteon tehokkuuden tärkeyteen. Yhtenä tehtäväesimerkinä taistelunjohto on niin aikakriittistä, että Himanen on todennut sen perustuvan naturalistiseen päätöksentekoon (Himanen 2013), joka kuvaa ihmisen päätöksentekoa tosielämän tilanteissa (Klein 2008). Ihmiset käyttävät aiempaa kokemusta tilanteiden nopeaan kategorisointiin ja päätöksentekoon sen sijaan, että tuottaisivat ja arvioisivat kilpailevia vaihtoehtoja (Klein 2008). Operaattoreilla ei yksinkertaisesti ole aina aikaa ryhtyä vertailemaan isoa määrää eri vaihtoehtoja, mikä viittaa siihen, että tehtävään olisi mahdollista saada hyötyjä automaatiosta tai tekoälystä.

Edellä olevan perusteella voimme todeta, että monimutkaisuus ja aikakriittisyys kuvaavat ympäristöä, jossa sotilashenkilöstö toimii. Päätöksenteon tehokkuus on oleellinen osa johtamisjärjestelmäkontekstia, joten järjestelmien suunnitteleminen tukemaan tehokkaasti sekä päätöksentekoa että vuorovaikutusta on elintärkeää. Päätöksenteko edellyttää tilannetietoisuutta, joten varsinkin kaikkein aikakriittisimmässä tehtävissä on oleellista tukea hyvän tilannetietoisuuden mahdollisimman tehokasta saavuttamista ja ylläpitoa.

TILANNETIETOISUUS

Johtamisjärjestelmäympäristössä päätöksenteko on keskeinen toimi, joten sitä kautta tilannetietoisuuden nopea saavuttaminen ja säilyttäminen on tärkeää. Tästä syystä vaikuttaa siltä, että johtamisjärjestelmien kaltaisissa ammattijärjestelmissä kannattaa lähestyä suunnittelua tilannetietoisuuden kautta. Tilannetietoisuutta voidaan tarkastella yksilön, tiimin tai systeemin tasolla (Stanton 2017). Yksinkertaistettuna tilannetietoisuus tarkoittaa sen ymmärtämistä, mitä ympärillä tapahtuu (Stanton 2017). Tilannetietoisuudelle on myös formaaleja määritelmiä, joista yleisin on Endsley'n kolmiportainen malli (Stanton 2017). Endsley jakaa tilannetietoisuuden kolmeen tasoon: havaitseminen, ymmärrys ja tulevaisuuden projisointi (Endsley 1988). Tilannetietoisuus on edellytys päätöksenteolle, joka johtaa toimintaan, joka edelleen muokkaa maailman tilaa ja sitä kautta tuottaa palautetta havaitsemiseen (Endsley 1988). Tehtävään ja ympäristöön ja yksilöön liittyvät tekijät vaikuttavat tilannetietoisuuden muodostumisen prosessiin (Endsley 1988). Käytännössä siis se, kuinka monimutkainen järjestelmä on, miten se esittää tietoa ja millaista vuorovaikutus sen kanssa on, vai-

kuttavat kaikki tilannetietoisuuteen.

Endsleyn malli kuvaa tilannetietoisuutta yksilön tasolla, mutta johtamisjärjestelmät muodostavat yleensä isomman kokonaisuuden, jossa on useita linkittyneitä järjestelmiä ja eri tehtäviä hoitavia operaattoreita. Tästä syystä voi olla hyödyllistä tarkastella tilannetietoisuutta myös systeemin tasolla. Neville ym. ovat kehittäneet hajautuneen tilannetietoisuuden mallin (distributed situation awareness, DSA), jonka mukaan tilannetietoisuus on systeemitason ominaisuus – agenteilla, jotka voivat olla sekä ihmisiä että ei-ihmisiä, kullakin on oma tilannetietoisuutensa, vähintäänkin siten, että ne sisältävät kontekstuaalisesti oleellista tietoa (Stanton 2006). Eri agenteilla on eri tavoitteet, ja ne myös havaitsevat eri tavoin, joten niillä on erilainen, mutta yhteensopiva tilannetietoisuus (Stanton et al 2006). DSA:n suunnittelussa ja mittaamisessa keskitytään agenttien välisen vuorovaikutuksen analysoimiseen (Stanton et al 2006). Systeemin tarvitsemasta tiedosta luodaan propositioverkkoja, joiden avulla analysoidaan, mitä tietoa kukin agentti milläkin hetkellä tarvitsee (Stanton et al 2009).

DSA on erityisen mielenkiintoinen malli tekoälyn ja automaation kohdalla, sillä silloin esimerkiksi älykäs agentti olisi vain yksi agentti lisää systeemissä, ja suunnittelussa voisi keskittyä siihen, mitä tietoa agentti milloinkin tarvitsee, ja toisaalta mitä tietoa sen tulisi välittää muille verkoston agenteille.

MOTIVAATIO JA TIETEELLINEN ONGELMA

Muun muassa tekoälyn ja koneoppimisen kehittyessä sodankäynti ja sen johtaminen tulee pohjautumaan yhä enemmän automaatioon eli automaattisiin analyyseihin, ennusteisiin, päätöksiin ja jopa toimintaan. Sotilaallisten johtamisjärjestelmien käyttäjille välitetään yhä monipuolisempaa ja valmiimpaa tietoa. Tietoa on myös yhä enemmän – suodattamattomana sitä olisi jopa liikaa. Ylipäätään automaatio tulee muuttamaan merkittävästi ihmisen roolia ja toimintaa johtamisjärjestelmissä. Tällöin käyttöliittymien räätälöinti vuorovaikutustapoja myöten ja soveltuvuus toimintaympäristöön ovat (halutunlaisen) tilannetietoisuuden rakentamisen ja johtamisen tehokkuuden edellytyksiä.

Siitä, miten automaatio muuttaa ihmisen roolia ja toimintaa johtamisjärjestelmissä ja miten näihin muutoksiin tulisi vastata, on vielä varsin vähän tutkimusta ja kotimaisessa kontekstissa se on lähes olematonta. AHJO-hanke paikkasi osaltaan tätä tutkimusaukkoa tutkimalla ihmisen ja automaation vuorovaikutusta johtamisjärjestelmissä teorian ja käytännön prototyypin kautta.

2. Tutkimuksen tavoite ja suunnitelma

Tämän tutkimuksen tavoitteena on selvittää keinoja, joilla johtamisjärjestelmäkontekstiin voidaan suunnitella kehittyneitä automaatiota ja autonomiaa sisältäviä ominaisuuksia turvalisesti, täydentämään ihmisoperaattoreiden kognitiivisia kykyjä. Viitekehyksenä on tilannetietoisuus, ja sitä tukevat suunnittelumenetelmät. Tutkimuksessa ei ole kehitetty tekoälyä tai koneoppimista, vaan keskitytty luomaan käytäntöjä ihmisen ja automaation/autonomian väliseen vuorovaikutukseen Suomalaisessa johtamisjärjestelmäkontekstissa. Pyrkimyksenä on ollut selvittää, kuinka lisääntynyt automaatio tulisi järjestelmiin toteuttaa, jotta vältetään ongelmilta siinä vaiheessa, kun teknologia alkaa lähivuosina mahdollistaa lisääntyneen autonomian hyödyntämisen.

Tutkimuksessa on käyty läpi maailmalla tehtyjä tutkimuksia, ja niiden pohjalta on suunniteltu uudestaan käyttöliittymä, jolla on tarkoitus ohjata jossain määrin autonomia / automaatioita entiteettejä.

Tutkimuksen lähtökohtana on näkemys siitä, että kun järjestelmissä siirrytään automaatiosta autonomiaan, vuorovaikutusta kannattaa lähestyä ihmisen ja automaation välinen tiimiytymisen kautta (Battiste et al 2018). Ihmisten ja autonomisten järjestelmien muodostamien tiimien, joilla on yhteiset tavoitteet ja tehtävät, pitäisi johtaa parempaan suorituskyykyyn ja torjua tilanteet, jossa tilannetietoisuuden menettänyt ihmiskäyttäjä joutuu yhtäkkiä paikkaamaan tilannetta, jossa automaatio ei kykenekään toimimaan (Battiste et al 2018). Ihmisen ja automaation tiimiytyminen perustuu läpinäkyvyyteen (transparency), kaksisuuntaiseen kommunikaatioon ja ihmisen ohjaamaan tehtävien suorittamiseen (Battiste et al 2018).

Teknologiaa käytetään tehostamaan ihmisten toimintaa ja myös päätöksenteon tukena, mutta vaikka tekoälyn kaltaiset disruptiiviset uudet teknologiat lupaavat mullistaa työskentelyn ja vähentää ihmisen merkitystä, säilynee ihmiskäyttäjien tärkeys sotilaallisessa päätöksenteossa myös tulevaisuudessa. Tutkimuksessa on otettu ihmisoperaattoreita augmentoiva lähestymistapa vuorovaikutussuunnitteluun.

3. Aineisto ja menetelmät

Tutkimus on yhdistelmä teoreettista tutkimusta ja kokeellista tutkimusta.

Teoreettisessa osuudessa kartoitettiin maailmalla tehtyä, automaatioon ja autonomiaa piirteitä omaaviin järjestelmiin liittyvää tutkimusta ja teknologioita erityisesti sotilaallisissa toimintaympäristöissä sekä johdettiin soveltuvin osin periaatteita automaation hyödyntämisen tavoista johtamisjärjestelmissä suomalaisessa kontekstissa. Keskiössä olivat tilannetietoisuutta tukevat järjestelmät ja autonomisten järjestelmäominaisuuksien suunnittelumenetelmät. Aineiston keräyksessä ja läpikäynnissä keskityttiin seuraaviin aihealueisiin:

- Automaation hyödyntäminen sotilaallisessa kontekstissa nyt ja tulevaisuudessa
- Tilannekuva ja tilannetietoisuus
- Ihmisen ja automaation vuorovaikutus

Kerätty aineisto koostuu 68 lähteestä. Lähteinä on tieteellisiä artikkeleita, opinnäytetöitä, erilaisia selontekoja ja raportteja sekä uutisartikkeleita. Lähteistä kotimaisia on 25. Tarkempi esittely tästä löytyy hankkeen sisäisestä SoA-raportista (Keskinen et al., 2021).

Kokeellisessa osuudessa hyödynnettiin teoreettisen tutkimuksen tuloksia, ja toteutettiin prototyyppi olemassa olevaan järjestelmään ("MACE"). Prototyypillä tutkittiin, kuinka olemassa olevaan johtamisjärjestelmää voidaan muuttaa, jolloin nähdään mihin suuntaan järjestelmän käytettävyyden ja suorituskyyky on muuttunut.

4. Tulokset ja pohdinta

Tutkimuksen **teoreettisen osuuden** perusteella voidaan todeta, että julkista, konkreettista aineistoa tekoälyn ja automaation hyödyntämisestä sotilaallisessa toimintaympäristössä on hyvin niukasti saatavilla. Materiaali kapenee entisestään, jos tarkastellaan vielä rajatummin ihmisen ja automaation vuorovaikutusta kyseisessä kontekstissa. Hankkeessa oltiinkin uuden äärellä ja ratkaisut täytyi suunnitella pohjaten työryhmän ammattitaitoon sekä ihmisen ja teknologian vuorovaikutuksen että informaatioergonomian ammattilaisina sekä hyödyntää kerättyä aineistoa tutkimateriaalina soveltuvin osin. Lisäksi sotilaallisen kontekstin ammattilaisten konsultointi oli ensiarvoisen tärkeää hankkeen toisen vuoden konkreettisen suunnittelun, kehityksen ja testaustyön eri vaiheissa.

Määriteltäessä ihmisen ja automaation vuorovaikutusta hankkeen sotilaalliseen toimintaym-

päristöön yhtäläisyyksiä niin sanotun siviilipuolen ratkaisujen suunnitteluun olivat ainakin ihmisen hahmottamiskyky sekä vuorovaikutuksen ja esimerkiksi käytettävyyden perusperiaatteet. Erityistä huomiota vaativat kuitenkin muun muassa seuraavat asiat:

- Tilannekuva, tilannetietoisuus ja päätöksenteko.
 - Tilannetietoisuus ja ajantasainen tilannekuva ovat tehokkaan päätöksenteon edellytyksiä. Esimerkiksi Timonen [2018] kirjoitti tilannetietoisuuden tukemisesta ja sen arvioinnista. Hänen [Timonen, 2018] mainitsemansa suunnittelua tukevat menetelmät - Situation awareness-oriented design (SAOD) [Endsley et al., 2003] ja Goal-driven task analysis (GDTA) – sekä arvioinnissa käytettävät menetelmät - Situation awareness global assessment technique (SAGAT) ja Situational awareness rating technique (SART) – olivat vähintään soveltaen hyödynnettävissä hankkeen toisen vuoden käytännön työssä.
- Turvallisuuskriittisyys (ihmisiä voi kuolla ja mm. kalustoa tuhoutua virheiden seurauksena).
- Säännöt ja sovitut käytännöt (esim. Sotilasmerkistö ja -lyhenteet (SML) [Pikkarainen, 2013]).
- Luottamus tekoälyyn/autonomiaan.
 - Ilman käyttäjien riittävää luottamusta tekoälyyn ratkaisut voivat kuormittaa käyttäjiä jopa enemmän. Toisaalta liika luottamus voi aiheuttaa välinpitämättömyyttä. Esimerkiksi Karvonen et al. [2020] kirjoittavat ”tekoälytietoisuudesta”, jonka kolme pääasiaa ovat läpinäkyvyys, kommunikaatio ja asianmukainen luottamus. Läpinäkyvyyden saavuttamiseksi on tiedettävä, miksi ja mihin tietoon perustuen esitetään jotain.
- Ihmisen ja nimenomaan autonomian vuorovaikutus.
 - Lundberg ja Johansson [2020] esittelevät käytännöllisen viitekehityksen, jolla pystyy havainnollistamaan ja analysoimaan ihmisen ja toisaalta autonomisen, automatisoidun tai manuaalisen ohjausjärjestelmän vuorovaikutusta. Viitekehitys auttaa ymmärtämään aikaan suhteutettuna esimerkiksi, kenellä toimijalla kognitiivinen kontrolli on, kenellä toimijalla toiminnan kontrolli on, sekä miksi, mitä ja miten (jotain) tapahtuu).

Tutkimuksen **kokeellisessa osuudessa** on toteutettu uudistunut käyttöliittymä jo olemassa olevaan ominaisuuteen, minkä vuoksi sillä on potentiaalia parantaa suoraan käytössä olevan järjestelmän suorituskykyä.

Tutkimus on tuottanut suunnitteluperiaatteita sille, kuinka suomalaisessa johtamisjärjestelmäkontekstissa tulisi toteuttaa kehittyneitä automaatiota ja autonomiaa. Näin päästään tilanteeseen, että ajan myötä kypsyvää tekoälyteknologiaa kyetään hyödyntämään tehokkaasti ja turvallisesti ihmisenäkökulmasta. Tavoitteena on lisätä asiantuntevien ihmisoperaattoreiden kyvykkyyksiä sen sijaan, että heidät pyrittäisiin korvaamaan. Sotilasjärjestelmien kohdalla autonomia on sekä ympäristön monimutkaisuuden että eettisyyden kannalta ongelma, joten uskoaksemme lähestymistapa, joka pitää ihmisen sekä keskiössä että relevanttina, on suorituskyvyn kannalta paras vaihtoehto.

Osaltaan tutkimus on myös luo edellytyksiä myös sille, että puolustusvoimien järjestelmien vuorovaikutuksen kehityksessä kyettäisiin tekemään suurempia edistysaskeleita kuin evoluutionärisiä parannuksiin.

Keskittyminen koulutusjärjestelmään on hyödyllistä myös siksi, että se potentiaalisesti tehostaa koulutusta. ”Sotapelit”, eli harjoittelu on pitkään ollut asevoimien tapa kehittää omaa toimintaansa ja sotilaiden ammattitaitoa ilman suoraa taistelukokemusta (Caffrey 2019). Koulutusjärjestelmien avulla kyetään kehittämään oman OODA-loopin tehokkuutta ilman,

että mahdollinen vastustaja saa samaa hyötyä (Caffrey 2019). Tehokkaampi koulutusjärjestelmä tarkoittaa myös tehokkaampaa koulutusta johtamisjärjestelmän käyttäjille.

5. Loppupäätelmät

Tilannetietoisuus ja ajantasainen tilannekuva ovat tehokkaan päätöksenteon edellytyksiä. Ilman käyttäjien riittävää luottamusta tekoälyyn ratkaisut voivat lisätä käyttäjien kuormitusta. Toisaalta liika luottamus voi aiheuttaa välinpitämättömyyttä. Esimerkiksi Karvonen et al. (2020) kirjoittavat ”tekoälytietoisuudesta”, jonka kolme pääasiaa ovat läpinäkyvyys, kommunikaatio ja asianmukainen luottamus. Läpinäkyvyyden saavuttamiseksi on tiedettävä, miksi ja mihin tietoon perustuen esitetään jotain. Lundberg ja Johansson (2020) esittelevät käytännöllisen viitekehysten, jolla pystyy havainnollistamaan ja analysoimaan ihmisen ja toisaalta autonomisen, automatisoidun tai manuaalisen ohjausjärjestelmän vuorovaikutusta. Viitekehys auttaa ymmärtämään aikaan suhteutettuna esimerkiksi, kenellä toimijalla kognitiivinen kontrolli on, kenellä toimijalla toiminnan kontrolli on, sekä miksi, mitä ja miten (jotain) tapahtuu.

Monimutkaisuus ja aikakriittisyys kuvaavat ympäristöä, jossa sotilashenkilöstö toimii. Stantonin, Barberin ja Harrisin mukaan Boydin OODA-loop on yksi yleisimmin käytetyistä malleista, joilla pyritään kuvaamaan sotilaallista päätöksentekoa (Stanton et al 2008, 16). OODA-loop on syklinen, sisäisesti linkittynyt sotilaallisen päätöksenteon malli, joka koostuu havaitsemisesta (observe), arvioinnista (orient), päätöksenteosta (decide) ja toiminnasta (act). Mallia on käytetty kuvaamaan päätöksenteon tehokkuuden merkitystä. Päätöksenteko edellyttää tilannetietoisuutta, joten varsinkin kaikkein aikakriittisimmässä tehtävässä on oleellista tukea hyvän tilannetietoisuuden mahdollisimman tehokasta saavuttamista ja ylläpitoa.

Johtamisjärjestelmien suunnittelun lähtökohtana on tilannetietoisuus. Tilannetietoisuutta voidaan tarkastella yksilön, tiimin tai systeemin tasolla (Stanton 2017). Yksinkertaistettuna tilannetietoisuus tarkoittaa sen ymmärtämistä, mitä ympärillä tapahtuu (Stanton 2017). Endsley (1997, 2017) jakaa tilannetietoisuuden kolmeen tasoon: havaitseminen, ymmärrys, ja tulevaisuuden projisointi. Tilannetietoisuus on edellytys päätöksenteolle, joka johtaa toimintaan, joka edelleen muokkaa maailman tilaa ja sitä kautta tuottaa palautetta havaitsemiseen. Tehtävään, ympäristöön ja yksilöön liittyvät tekijät vaikuttavat tilannetietoisuuden muodostumiseen. Käytännössä siis vaikuttaa se, kuinka monimutkainen järjestelmä on, miten se esittää tietoa, ja millaista vuorovaikutus sen kanssa on (vrt. Stanton et al 2009).

Tämänhetkisten tutkimusten valossa vaikuttaa siltä, että kun järjestelmissä siirrytään automaatiosta autonomiaan, vuorovaikutusta kannattaa lähestyä ihmisen ja automaation välinen vuorovaikutuksen kautta (Battiste et al 2018). Tässä tutkimuksessa otettiin ihmisoperaattoreita täydentävä lähestymistapa vuorovaikutussuunnitteluun tavoitteena kognitiivisen kuorman pienentämiseksi paremman informaatioergonomian tuottamiseksi. Sotilasjärjestelmien kohdalla järjestelmien autonomia on sekä ympäristön monimutkaisuuden että eettisyyden kannalta haastavaa, joten lähestymistapa, joka pitää ihmisen sekä keskiössä että relevanttina, on suorituskyvyn kannalta paras vaihtoehto. Tekoälyn vahvuuksiksi sotilaallisessa kontekstissa nähdään ennen kaikkea suurten datamäärien hallinta sekä mahdollisuus kasvattaa teknisten järjestelmien autonomisuutta, joista seuraavia hyötyjä ovat esimerkiksi parempi operaatiotempo ja vaikutuskyky sekä mahdollisuus toiminnan hajauttamiseen. Tekoälyn avulla voidaan lisäksi mallintaa tarkkailtavia kohteita ja tapahtumia sekä ennustaa kohteiden käyttäytymistä opitun tiedon perusteella.

Hankkeen jatkon kannalta olisi tärkeää tutkia aihetta kahdesta näkökulmasta: soveltuvuustutkimuksena ja varsinaisena tutkimus- eli demonstraatiovaiheena. Soveltuvuustutkimuksen päämääränä on saavuttaa riittävän yksityiskohtainen kuva siitä, millaisten inhimillisten in-

formaatioprosessien pohjalta tilannekuva luodaan, millaisia toimintoja tilannekuvan tuottamisessa käytetään ja miten niitä voi tekoälypohjaisten teknisten ratkaisujen avulla parantaa. Kokeellisessa vaiheessa soveltuvuustutkimuksen sovelluskohteista voidaan tehdä käytännön toteutuksia tutkimusympäristöihin ja tutkia käyttäytymistieteellisten käyttötapausten kautta ihmisen ja tekoälyn vuorovaikutuksen sujuvuutta, tekoälyn ymmärrettävyyttä sekä sitä, minkälaisena koehenkilöt kokevat tekoälyn roolin tilannekuvatehtävissä. Näin pystytään paremmin luomaan ihmisen käyttöön soveltuvia älykkäitä teknologioita, jotka tukevat ja korvaavat ihmisoperaattorin toimintoja tilannekuvaan pohjaavassa työskentelyssä ja varmistavat koko toimintajärjestelmän toimivuuden.

Tekoälyn hyväksyttävyyden on erittäin ajankohtainen tutkimuksellinen ja käytännöllinen kysymys. Erityisesti tarpeena on tuoda tekoälytutkimuksen ja tekoälyn soveltamisen ylemmän tason periaatteet osaksi käytännön suunnittelua mahdollisia kehityshankkeiden toteutuksia varten Puolustusvoimien kontekstiin sopivalla ja Puolustusvoimien omaa kyvykkyyttä kasvattavalla tavalla. Jatkotutkimuksessa tulisi käsitellä näiden tekoälysovellusten kriteereitä, vaatimuksia ja teknisiä ratkaisuja, jotta ne voidaan suunnitella lähtökohtaisesti käyttäjille mahdollisimman helposti hyväksyttäväksi ja omaksuttaviksi käyttöskenaarioiden kautta. Tämä tulee esille kaikissa puolustushaaroissa kun erityisteknologia sekä arjen laitteet ovat osana lähes kaikkea toimintaa.

Jatkotutkimuksen kannalta pääkysymykseksi muodostuu: Millainen hyväksyttävä, tekoälyn potentiaalin optimaalisesti hyödyntävä rooli tekoälylle on mahdollista löytää tilannekuvan rakentamisessa ja operaattoritoiminnassa? Siten jatkotutkimuksen keskeisiä osatavoitteina ovat:

- Tuottaa tietoa tekoälyn mahdollisista sovelluksista tilannekuvan rakentamisessa ja analyysissä.
- Muodostaa lista sovelluskohteista.
- Luoda esim. fokusryhmähaastattelujen pohjalta priorisoidulle sovelluskohteille käyttäjillä testattavat prototyypit.
- Rakentaa kykyä arvioida tekoälyn hyödyntämisen mahdollisuuksia ja rajoitteita tilannekuvajärjestelmän osana.
- Soveltaa kehitettyä arviointiviitekehystä mittaamaan tilannekuvaa, informaatioergonomiaa ja kognitiivista dissonanssia.
- Kehittää tekoälyn hyödyntämisen maturiteettimalli, jonka avulla toimijat voivat arvioida omaa valmiuttaan tekoälypohjaisten sovellusten implementointiin.

Soveltuvuustutkimuksessa tulisi keskittyä tilannetietoisuutta tukeviin tekoälypohjaisiin menetelmiin sekä niiden sovellusalueisiin johtamisjärjestelmäkontekstissa. Näiden tutkimiseksi on syytä tarkastella vuorovaikutusteknologisia innovaatioita, joita on viime aikoina tehty sotatallisuuden lisäksi myös esimerkiksi valmistavassa teollisuudessa ja siviilipuolen turvallisuuskriittisillä aloilla. Määriteltäessä mahdollisia sovellusalueita lähtökohtana voidaan käyttää AHJO-hankeen tuloksia. Teknologisen kypsyyden arvioinnin maturiteettimallia voidaan soveltaa arvioimaan millaiset tekijät toimivat tekoälyn soveltamista edistäjiä ja millaiset tekijät ovat ylitettäviä kynnyksiä. Erityisesti tekoälyn soveltamisen erityispiirteet, inhimilliset ja ergonomiatekijät, ihmisen ja teknologian vuorovaikutus sekä vaikutus suorituskyykyyn ovat tärkeimmät tarkastelukohteet.

Tältä pohjalta voidaan toteuttaa iteratiivisen kehitystyön kautta prototyypit, joissa hyödynnetään mahdollisuuksien mukaan valmiiden koulutusjärjestelmien toiminnallisuuksia. Prototyyppien testaaminen voidaan tehdä kvasikokeena, so. ne testataan asiantuntijakäyttäjillä ilman jakoa koe- ja kontrolliryhmään. Testimenettely voi sisältää erilaisia tilannekuvan tarkkuutta, informaatioergonomiaa sekä kognitiivista dissonanssia mittaavia osioita. (ks.



Mansikka et al 2019, Okkonen et al 2017, Okkonen et al 2021, Okkonen et al 2022a, Okkonen et al 2022b). Kokeellisessa jatkotutkimuksessa voidaan validoida myös maturiteettimalli asiantuntijapaneelilla, kun on saatu kerättyä taustatietoa implementoinnin reunaehdoista sekä erilaisista vaadittavista valmiuksista ja kyvyistä tekoälypohjaisten järjestelmien kehittämiseen, implementointiin ja hyödyntämiseen.

6. Tutkimuksen tuottamat tieteelliset julkaisut ja muut mahdolliset raportit

1) Okkonen, J., Hakulinen, J., Jalava, M., Mansikka, H., Turunen, M. (2022) User related factors affecting information ergonomics in mission control context. AHFE2022 (accepted)

Kenttäkokeiden tulokset

2) Okkonen, J., Hakulinen, J., Jalava, M., Mansikka, H., Turunen, M. (2022) Cognitive dissonance affecting in-formation ergonomics in AI supported situational awareness context. IHET 2: Artificial Intelligence, Computing and Intelligent Design (accepted)

Pilottitestauksen tulokset

3) Okkonen, J., Hakulinen, J., Jalava, M., Keskinen, T., Mansikka, H., Turunen, M. (2021) Design for AI-enhanced operator information ergonomics in time-critical environment in Advances in Neuroergonomics and Cognitive Engineering, Proceedings of the AHFE 2021 Virtual Conferences on Neuroergonomics and Cognitive Engineering, Industrial Cognitive Ergonomics and Engineering Psychology, and Cognitive Computing and Internet of Things in Lecture Notes in Networks and Systems (LNNS, volume 259)

Suunnitteluperiaatteet ja testiskenaariot

4) Okkonen, J., Keskinen, T., Hakulinen, J., & Turunen, M. (2020). Using 3D modelling and AI driven Clustering to Enhance Information Ergonomics in Time-critical Activity. Informaatio tutkimus, 39(2-3), 121-123. <https://doi.org/10.23978/inf.99103>

Kirjallisuuskatsauksen tulokset

5) Keskinen, T., Linna, J., Okkonen, J., Hakulinen, J., Turunen, M., Viljakainen, A. State of the art -selvitysohjelmaa ja autonomisia piirteitä omaavien järjestelmientutkimuksesta ja teknologioista.

Hankkeen sisäinen SoA-raportti.