

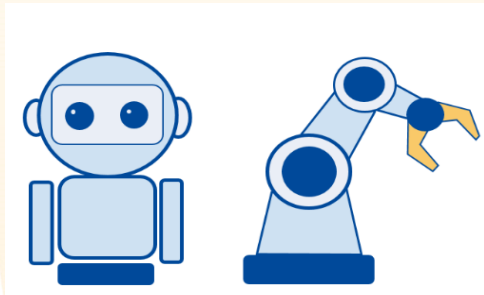
KEHITTYNYT ROBOTIIKKA JA AUTOMAATIO: KESKEISIÄ HUOMIOITA INHIMILLISESTÄ VUOROVAIKUTUKSESTA JA LUOTTAMUKSESTA

Kehittyneiden robotiikkajärjestelmien autonomian lisääntyminen voi johtaa siihen, että on tarkoituksenmukaisempaa puhua ihmisen ja robotin vuorovaikutuksesta kuin robottien käyttämisestä. Tämän vuorovaikutuksen luonne voi vaikuttaa työterveyteen ja -turvallisuuteen, ja siksi se tulee ottaa huomioon jo järjestelmiä suunniteltaessa. Tieteellisessä kirjallisuudessa on käsitelty monia näkökulmia, kuten kognitiivista ergonomiaa, ihmisen ja robotin vuorovaikutuksen suunnitteluun. Suunnittelunäkökulmia on tarkasteltu myös suhteessa työterveyteen ja -turvallisuuteen, ja ne voivat liittyä esimerkiksi robotin ulkomuotoon ja sen kehollistamiseen, käyttäytymiseen, liikkumiseen, vuorovaikutustapoihin sekä viestintätapoihin ja -kanaviin. Vuorovaikutusta koskeviin suunnittelunäkökulmiin liittyy erilaisia työterveyteen ja -turvallisuuteen liittyviä riskejä ja mahdollisuuksia. Yhteistä vuorovaikutussuunnittelun tutkimuksille on, että niillä pyritään selvittämään, millaisilla piirteillä ja ominaisuuksilla saadaan aikaan mahdollisimman sujuva ja luonnollinen vuorovaikutus. Lisäksi tutkimuksilla pyritään yleisesti lisäämään ja parantamaan käyttäjien hyvinvointia, hyväksyntää, luottamusta, positiivisia tunteita, positiivista käyttäjäkokemusta tai työnkulkua, ja välttämään negatiivisia seurauksia, kuten stressiä¹. Vuorovaikutussuunnittelu on kuitenkin vain osa kokonaisuutta, ja suunnittelussa on aina otettava huomioon myös käyttötilanne ja työtehtävä.

Ihmismäinen suunnittelu

Fiktiossa robotiikkajärjestelmät ovat ulkomuodoltaan usein huomattavan ihmismäisiä, vaikka todellisuudessa vain pieni osa järjestelmistä on ihmisen kaltaisia. Tieteellisessä kirjallisuudessa robotiikkajärjestelmien kehollistamiseen ja ihmismäiseen suunnitteluun on kiinnitetty paljon huomiota. Ihmismäiset piirteet, kuten silmät tai kasvojen ilmeet, voivat edistää luonnollisempaa vuorovaikutusta sekä lisätä erityisesti sosiaalisten robottien hyväksyttävyyttä ja miellyttävyyttä². Ihmismäinen suunnittelu ei kuitenkaan rajoitu vain fyysisiin piirteisiin, kuten robotin kasvojen osiin tai kehon rakenteeseen. Myös robotin liikkumis- ja viestintätavat voidaan suunnitella ihmismäisiksi. Vaikka ihmismäinen ulkomuoto voi lisätä ihmisten luottamusta roboteihin, ihmisen ja robotin kanssakäymisen sujuvoittamiseen ihmismäisillä vuorovaikutuskeinoilla liittyy myös haittoja. Robotin ihmismäisyyden, miellyttävyyden ja hyväksyttävyyden välinen yhteys ei ensinnäkään ole lineaarinen. Jos robotti ylittää tietyn ihmismäisyyden asteen, se saattaa aiheuttaa ihmisissä vahvojakin negatiivisia tunteita, kuten pelkoa, joka usein selitetään "outouden laakso" -ilmiöllä ("Uncanny Valley")³. Vielä merkittävämpiä saattavat kuitenkin olla ihmismäisen suunnittelun kielteiset vaikutukset ihmisten odotuksiin ja tehtävien suorittamiseen. Tietyt piirteet aiheuttavat **odotuksia** robotin kyvyistä ja käyttäytymisestä⁴. Jos robotilla on silmät, käyttäjä saattaa odottaa, että robotti kykenee näkemään. Samoin jos robotilla on korvat, käyttäjä saattaa odottaa sen kuulevan. Ihmismäiset piirteet voivat siis johtaa siihen, että työntekijät olettavat roboteilla olevan ihmismäisiä ominaisuuksia, kuten

Kuva 1: Robotti, jolla on ihmismäisiä piirteitä (silmät, korvat), ja robotti, jolla ei niitä ole.



Ihmismäisellä suunnittelulla voidaan vaikuttaa käyttäjän odotuksiin robotin kyvyistä.

¹ Honig, S. S., & Oron-Gilad, T. (2018). Understanding and resolving failures in human-robot interaction: Literature review and model development. *Frontiers in Psychology*, 9, 861. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00861>

² Fink, J. (lokakuu 2012). Anthropomorphism and human likeness in the design of robots and human-robot interaction. *International Conference on Social Robotics* (s. 199–208). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-34103-8_20

³ Mori, M., MacDorman, K. F., & Kageki, N. (2012). The uncanny valley [from the field]. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, 19(2), s. 98–100. <https://doi.org/10.1109/MRA.2012.2192811>

⁴ Zlotowski, J., Proudfoot, D., Yogeewaran, K., & Bartneck, C. (2015). Anthropomorphism: opportunities and challenges in human-robot interaction. *International Journal of Social Robotics*, 7(3), s. 347–360. <https://doi.org/10.1007/s12369-014-0267-6>

kyky tehdä päätelmiä, ja nämä odotukset voivat vaikuttaa vuorovaikutukseen järjestelmän kanssa⁵. Tämä voi ärsyttää teollisuuden työntekijöitä tai jopa vähentää koettua luotettavuutta⁶, jos teknologia ei kykenekään vastaamaan odotuksiin. Siksi robotiikkajärjestelmien suunnittelussa on aina harkittava tarkkaan ihmismäisten piirteiden käyttämistä sekä otettava huomioon odotukset, joita piirteet voivat aiheuttaa. Ihmismäisiä piirteitä ei lähtökohtaisesti pidä käyttää, jos niillä ei ole mitään käytännön merkitystä, joka parantaa työtehtävien suorittamista tai tukee ihmisen ja järjestelmän yhteistyötä. Tämä on otettava huomioon erityisesti teollisuusroboteissa. Teollisuudessa ihmismäiset piirteet voivat parantaa työnkulkua. Esimerkiksi fyysisissä kuormien siirtämisestä vaativissa tehtävissä ihmiset reagoivat helpommin, nopeammin ja tarkemmin ihmismäisen robotin liikkeisiin kuin täysin robotin näköisen järjestelmän liikkeisiin⁷. Samalla kuitenkin teollisuuden työntekijän väärät odotukset robotin kyvyistä voivat aiheuttaa vaaratilanteita erityisesti fyysisesti vaarallisissa tehtävissä. Jos työntekijä esimerkiksi tulkitsee robotin aiottu liikkeitä väärin, voi se johtaa törmäykseen. Sosiaalisissa tilanteissa ihmismäisyyden aiheuttamat väärät odotukset robotin kyvyistä voivat vaikeuttaa vuorovaikutusta tai estää sen kokonaan. Ihmiselle voi olla ärsyttävää tai turhauttavaa toimia sosiaalisen robotin kanssa, jolla on olevinaan silmät ja korvat, mutta joka kykenee tosiasiaassa käsittelemään vain tekstitietoa.

On haastavaa tunnistaa ne seikat, jotka erottavat kehittyneen robotiikan automaatioteknologioista, jotka eivät perustu robotiikkaan, ja erityisesti kehittyneelle robotiikalle ominaiset työterveyteens ja – turvallisuuden lisäksi vaarat ja haasteet. Vaikka jotkin seikat pätevät tietyissä määrin myös robotiikkaan perustumattomiin teknologioihin, vuorovaikutussuunnittelu ja tarkemmin ihmismäisten robottien suunnittelu vaikuttavat olevan juuri kehittyneen robotiikan ominaisuuksia. Ihmismäiset piirteet voivat parantaa ihmisen ja robotin vuorovaikutusta erityisesti sosiaalisilla roboteilla. Varsinkin fyysisissä tehtävissä ihmismäisiin piirteisiin liittyy kuitenkin riski siitä, että ihminen kokee vuorovaikutuksen ärsyttävänä ja tekee vääriä johtopäätelmiä robotin kyvyistä, jos piirre ei ole nimenomaisesti suunniteltu johonkin tiettyyn tehtävään.

Ihmisen ja robotin välisen vuorovaikutuksen periaatteet ja läpinäkyvyys

Läpinäkyvyys on tärkeää ihmisen ja robotin väliselle vuorovaikutukselle. Liika tieto voi kuitenkin johtaa tietöähkkyyn, mikä häiritsee tärkeän tiedon käsittelyä.

Kehittyneen robotin kehollistamisessa ihmismäinen suunnittelu on usein robottikohtaista, jopa yksilöllistä. Tunnettujen ja yleisluontoisempien suunnitteluperiaatteiden käyttäminen voi kuitenkin myös hyödyttää vuorovaikutusta robotiikkajärjestelmien kanssa. Yleinen tieto ergonomisen suunnittelun hyödyistä ja sen perinteiset näkökulmat soveltuvat myös käyttöliittymä- ja vuorovaikutussuunnitteluun. Vuorovaikutussuunnittelussa voidaan käyttää hyödyksi esimerkiksi standardiin EN ISO 9241-110 sisältyviä vuorovaikutusperiaatteita (aiemmin dialogiperiaatteet). Vuorovaikutusperiaatteet ja yleiset suunnittelusuositukset voivat ohjata käyttöliittymien kehitystä ja arviointia sekä parantaa siten niiden käytettävyyttä. Vuorovaikutusperiaatteita sovellettaessa niiden tärkeysjärjestys määrittää järjestelmän käyttötarkoituksen, käyttäjien, tehtävien, käyttöympäristön, vuorovaikutuskeinojen sekä vuorovaikutuksen seurausten mukaisesti. Periaatteita sovelletaan sen mukaan, millainen käytettävä järjestelmä on. Periaatteita on seitsemän: soveltuvuus käyttäjän tehtäviin, itsekuvautuvuus, vastaavuus käyttäjän odotuksiin, opittavuus, hallittavuus, käyttäjävirheiden sieto ja käyttäjän osallistaminen. Periaatteiden avulla käyttäjät voivat arvioida vuorovaikutustaan järjestelmän kanssa. Vaikka periaatteita pidetään tärkeinä ja hyödyllisinä järjestelmän vuorovaikutussuunnittelussa neljännen teollisen vallankumouksen yhteydessä⁸, ja niiden on todistettu olevan sopiva työkalu robotiikkajärjestelmien

⁵ Murashov, V., Hearl, F., & Howard, J. (2016). Working safely with robot workers: Recommendations for the new workplace. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 13(3), s. D61–D71. <https://doi.org/10.1080/15459624.2015.111670>

⁶ Roesler, E., Onnasch, L., & Majer, J. I. (joulukuu 2020). The Effect of anthropomorphism and failure comprehensibility on human-robot trust. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 64(1), s. 107–111. SAGE Publications. <https://doi.org/10.1177/1071181320641028>

⁷ Kuz, S., Faber, M., Bützler, J., Mayer, M. P., & Schlick, C. M. (heinäkuu 2014). Anthropomorphic design of human-robot interaction in assembly cells. *Advances in The Ergonomics in Manufacturing: Managing the Enterprise of the Future*, AHFE Conference (s. 265–272).

⁸ Fischer, H., Engler, M., & Sauer, S. (heinäkuu 2017). A human-centered perspective on software quality: acceptance criteria for work 4.0. Teoksessa A. Marcus & W. Wang (toim.), *International Conference of Design, User Experience, and Usability: Theory, Methodology, and Management* (s. 570–583). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-58634-2_42

arvioinnissa⁹, periaatteiden käyttämisestä robotiikkajärjestelmien vuorovaikutuksessa ei vielä ole juurikaan kirjallisuutta. Erityisesti uudet tekoälyyn perustuvat ja kehittyneet robotit, jotka ovat edeltäjiensä itsenäisempiä, tuovat työpaikoille uudenlaista vuorovaikutusta, jota voidaan arvioida ja parantaa hyödyntämällä vuorovaikutusperiaatteita jo suunnittelun aikaisissa vaiheissa. Lisäksi uudet työympäristöt tulevat olemaan kognitiivisesti haastavampia esimerkiksi yhteistyön, esihenkilötyön ja päätöksenteon kannalta kuin aikaisemmat fyysiset tehtävät¹⁰. Tämä vaatii kognitiivisia vihjeitä ja aistivihjeitä, joilla estetään käyttäjään kohdistuvaa tietotulvaa ja sen haitallisia vaikutuksia myös silloin, kun tehtävät ovat pääasiassa fyysisiä. Näiden kognitiivisten vihjeiden ja aistivihjeiden laatu ja vaikutus ovat suoraan yhteydessä vuorovaikutussuunnitteluun ja siihen, miten hyvin järjestelmässä on otettu vuorovaikutusperiaatteet huomioon. Kehittäjien ja lainsäätäjien on pohdittava tähän vuorovaikutukseen liittyviä vastuukysymyksiä sitä mukaan kun erityisesti robotiikkajärjestelmien kyvyt ja autonomia lisääntyvät. Ihmiset kokevat, että robotit ovat muita esineitä enemmän vastuussa virheistään¹¹. Robottien autonomiaan liittyy läheisesti järjestelmän läpinäkyvyys. Läpinäkyvyyden vaikutusta ihmisen ja robotin vuorovaikutukseen on toistaiseksi tutkittu vain muutamissa tutkimuksissa. Läpinäkyvyys vaikutti käyttäjien mielikuviin robotista enemmän kun robotin autonomian taso oli korkeampi¹². Käyttäjät pitivät robottia myös ihmisiä enemmän vastuullisena virheistä, joita tapahtui työprosessissa. Tämä viittaa siihen, että mitä autonomisempi robotti on, sitä tärkeämpää läpinäkyvyys on. Läpinäkyvyys on tiedon kokonaisvaltaisempaa käsittelyä, kuten järjestelmän tilaa osoittavaa tietoa, jota käyttäjä voi tarvita autonomisia järjestelmiä käyttäessään, erityisesti stressaavissa tai epävarmoissa tilanteissa ja silloin, kun työkuorma on suuri. Jos läpinäkyvydessä on puutteita, käyttäjä voi kyseenalaistaa robotiikkajärjestelmän luotettavuuden, vaikka olisi todellisuudessa vain ymmärtänyt annetun tiedon väärin tai järjestelmästä saatu tieto olisi epäselvässä muodossa. Tällaisessa tapauksessa jopa rutiinotoiminnot voidaan tulkita virheiksi, jos käyttäjällä ei ole tietoa, jota hän tarvitsee robotin toimintojen taustalla olevien päättelyprosessien ymmärtämiseksi¹². Koska automaatiossa on myös puutteita, on tärkeää, että tutkijat ja kehittäjät pohtivat myös ihmisen ja robotin välisen vuorovaikutuksen **läpinäkyvyyttä**, jotta käyttäjät voivat riittävästi arvioida omaa luottamustaan näihin järjestelmiin. Tämä on erityisesti tärkeää jatkossa, kun teknologiasta ja sen käyttötilanteista tulee yhä monimutkaisempia¹³. Ei tule kuitenkaan olettaa, että mitä enemmän tietoa järjestelmä antaa, sitä parempi se on. Läpinäkyvyyden lisäämisen sijaan liika tieto voi johtaa tietoähkyyn, jonka tuloksena käyttäjä ei pysty tunnistamaan ja käsittelemään tärkeintä tietoa¹⁴. Riittävä läpinäkyvyys ihmisen ja robotin välisessä vuorovaikutuksessa on tärkeää, mutta myös monimutkainen pyrkimys, jolla on merkittäviä seurauksia käyttäjien ja järjestelmän väliselle vuorovaikutukselle.

Saumatonta vuorovaikutusta järjestelmän kanssa voidaan tukea sisällyttämällä **suunnitteluun periaatteet**, joilla varmistetaan järjestelmän riittävä läpinäkyvyys tai voidaan jopa ottaa käyttöön yksilölliset vuorovaikutusstrategiat. Yksilöllisillä vuorovaikutusstrategioilla voidaan ottaa huomioon käyttäjien henkilökohtaiset ja yksilölliset mieltymykset ja ominaisuudet. Yksilöllistämisen sekä sujuvan ja käyttäjäystävällisen vuorovaikutuksen tekniset vaatimukset liittyvät usein erilaisten aineiden käyttöön roboteissa. Jotta robotiikkajärjestelmä voi reagoida ja käyttäytyä aiotulla tai yksilöllisellä tavalla, järjestelmän on kerättävä ja analysoitava tietoa ympäristöstään ja vuorovaikutuksestaan ihmisten kanssa. Sujuvaan ja hyväksi todetuilla suunnitteluperiaatteilla tuettuun vuorovaikutukseen voi

⁹ Rosen, P. H., Sommer, S., & Wischniewski, S. (elokuu 2018). Evaluation of human-robot interaction quality: A toolkit for workplace design. *Proceedings of the 20th Congress of the International Ergonomics Association* (s. 1649–1662). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-96071-5_169

¹⁰ Rauch, E., Linder, C., & Dallasega, P. (2020). Anthropocentric perspective of production before and within Industry 4.0. *Computers & Industrial Engineering*, 139. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.01.018>

¹¹ Kahn Jr, P. H., Kanda, T., Ishiguro, H., Gill, B. T., Ruckert, J. H., Shen, S., Gary, H. E., Reichert, A. L., Freier, N. G., & Severson, R. L. (maaliskuu 2012). Do people hold a humanoid robot morally accountable for the harm it causes? *Proceedings of the 7th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction* (s. 33–40). <https://doi.org/10.1145/2157689.2157696>

¹² Kim, T., & Hinds, P. (syyskuu 2006). Who should I blame? Effects of autonomy and transparency on attributions in human-robot interaction. *ROMAN 2006 – The 15th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication* (s. 80–85). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ROMAN.2006.314398>

¹³ Lyons, J. B. (maaliskuu 2013). Being transparent about transparency: A model for human-robot interaction. *AAAI Spring Symposium: Trust and Autonomous Systems*. <https://www.aaai.org/ocs/index.php/SSS/SSS13/paper/viewFile/5712/6000>

¹⁴ Finomore, V., Satterfield, K., Sitz, A., Castle, C., Funke, G., Shaw, T., & Funke, M. (syyskuu 2012). Effects of the multi-modal communication tool on communication and change detection for command & control operators. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 56(1), s. 1461–1465. SAGE Publications. <https://doi.org/10.7717/1071181312561410>

kuitenkin liittyä myös haittavaikutuksia, kuten käyttäjän yksityisyydensuojan rikkominen, käyttäjän vieraannuttaminen tai se, että käyttäjä ei tunne hallitsevansa tilannetta¹⁵. Tällaisia kielteisiä tunteita voi esiintyä, jos robotiikkajärjestelmä mukauttaa toimintaansa itsenäisesti kertomatta asiasta käyttäjälle, joka taas ei välttämättä ymmärrä tai voi ennustaa järjestelmän tekemää mukautusta¹⁵. Tämäkin vaaratekijä vuorovaikutussuunnittelussa korostaa sitä, miten tärkeää järjestelmän toimintojen, toimien ja käyttäytymisen läpinäkyvyys on mahdollisten kielteisten vaikutuksien vähentämisessä. Kaikki yksilötason tiedonkeruu aiheuttaa myös riskin siitä, että työntekijät kokevat, että heidän suoritustaan ja käyttäytymistään tarkkaillaan jatkuvasti. Tällä taas voi olla kielteisiä vaikutuksia motivaatioon, tyytyväisyyteen, luottamukseen organisaatiota kohtaan tai stressin määrään siitäkin huolimatta, että yleisen tietosuoja-asetuksen tietosuojaperiaatteita olisi noudatettu¹⁶. Asiantuntijat korostavat, että siitä, että robotit mukauttavat käyttäytymistään automaattisesti, voi olla hyötyä etenkin yhteistyötä sisältävässä vuorovaikutuksessa. Robotti voisi esimerkiksi reagoida ihmiskollegansa väsymiseen jatkuvakestoisessa tehtävässä. Tähän liittyviä riskejä ei kuitenkaan tule jättää huomiotta.

Luottamus on ensiarvoista ihmisen ja robotin välisessä vuorovaikutuksessa

Riippumatta siitä, mitä automaatioteknologiaa käytetään, miten edistynyt automaatio on ja mitä tehtäviä on automatisoitu, luottamus automaatioon on tärkeää ihmisen ja koneen välisessä vuorovaikutuksessa. Usein se myös määrittää automaation käyttöä.¹⁷ Luottamukselle on useita määritelmiä eri tieteen aloilla, joista kaikki painottavat hieman eri asioita. Luottamus määritellään yleisimmin uskomukseksi, asenteeksi, aikomukseksi tai käytökseksi. Luottamuksen voidaan ajatella olevan uskoa siihen, että jokin toimija (kuten edistynyt robotiikkajärjestelmä) auttaa yksilöä saavuttamaan tavoitteensa tilanteessa, johon liittyy epävarmuutta tai haavoittuvuutta.¹⁸ Se, että järjestelmää käyttävä ihminen luottaa järjestelmään riittävällä tasolla, edistää järjestelmän oikeaa käyttöä.¹⁹ Luottamuksen äärimuodot taas voivat johtaa haitallisiin seurauksiin. Käyttäjän liika riippuvuus järjestelmästä tai liika luotto järjestelmään voi johtaa järjestelmän riskialttiiseen käyttämiseen²⁰. Toisaalta käyttäjä voi välttää käyttämästä teknologiaa, jos hän ei luota järjestelmään tarpeeksi¹⁸. Yliuottamusta ja aliluottamusta tarkastellaan aina suhteessa järjestelmän todellisiin kyvykkyyksiin, mitä kutsutaan myös luottamuksen kalibroinniksi¹⁶, joka on sidoksissa automaatioteknologian tai robotiikkajärjestelmän luotettavuuteen¹⁸. Jos luottamus kalibroidaan väärin, voi vuorovaikutuksessa esiintyä ongelmia. Ihmiset voivat käyttää väärin (luottaa robottiin liikaa tai liian vähän), olla käyttämättä (tai lakata käyttämästä) tai väärinkäyttää (robotin käyttäminen tarkoituksiin, joihin sitä ei ole suunniteltu) robottikollegoitansa¹⁸. Väärin kalibroidulla luottamuksella voi olla vakavia seurauksia – käyttäjä voi esimerkiksi lakata valvomasta järjestelmää, vaikka järjestelmä vaatii valvontaa. Toisaalta käyttäjä voi keskittyä yksinomaan järjestelmän valvomiseen ja jättää muut tehtävänsä hoitamatta.

On hyvin tärkeää, että käyttäjä luottaa robottiin riittävästi. Liiallinen luottamus voi johtaa laiminlyönteihin, kun taas luottamuksen puute saa työntekijät välttämään robotin käyttämistä.

Sekä liiallisella että liian vähäisellä luottamuksella voi olla kielteisiä seuraamuksia vuorovaikutukselle. Jos käyttäjä luottaa robottiin liikaa, hän saattaa esimerkiksi jättää robotin huoltamatta²¹, jolloin myösi viat voivat jäädä huomaamatta, mikä taas voi vaurioittaa työstettävää kappaletta tai aiheuttaa vammoja ihmisille. Ihmisen ja robotin yhteistyö on tehokasta ja turvallista, jos luottamuksen taso ja robotin kyvyt kohtaavat²⁰. Jos käyttäjä luottaa robottiin, hän noudattaa robotin suosituksia ja ottaa vastaan tarjotun tiedon²¹, mikä tarkoittaa, että käyttäjä voi tehdä tietoon perustuvia päätöksiä. Ihmisen ja robotin

¹⁵ Fronemann, N., Pollmann, K., & Loh, W. (2021). Should my robot know what's best for me? Human-robot interaction between user experience and ethical design. *AI & SOCIETY*, s. 1–17. <https://doi.org/10.1007/s00146-021-01210-3>

¹⁶ Funk, M., Rosen, P. H., & Wischniewski, S. Human-centered HRI Design—the More Individual the Better? *Behavioural patterns and interaction modelling for personalized Human-Robot interaction*, 2020. <https://doi.org/10.1145/3371382.3374846>

¹⁷ Parasuraman, R., & Riley, V. (1997). Humans and automation: Use, misuse, disuse, abuse. *Human Factors*, 39(2), s. 230–253. <https://doi.org/10.1518/001872097778543886>

¹⁸ Lee, J. D., & See, K. A. (2004). Trust in automation: Designing for appropriate reliance. *Human factors*, 46(1), s. 50–80. https://doi.org/10.1518%2Fhfes.46.1.50_30392

¹⁹ Hancock, P. A., Kessler, T. T., Kaplan, A. D., Brill, J. C., & Szalma, J. L. (2020). Evolving trust in robots: Specification through sequential and comparative meta-analyses. *Human factors*, 63(7), s. 1196–1229. <https://doi.org/10.1177/0018720820922080>

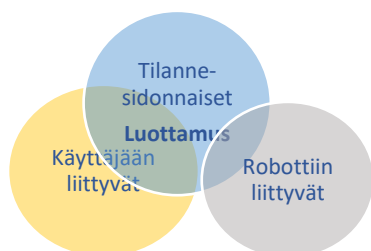
²⁰ Parasuraman, R., & Manzey, D. H. (2010). Complacency and bias in human use of automation: An attentional integration. *Human factors*, 52(3), s. 381–410. <https://doi.org/10.1177/0018720810376055>

²¹ Hancock, P. A., Billings, D. R., Schaefer, K. E., Chen, J. Y., De Visser, E. J., & Parasuraman, R. (2011). A meta-analysis of factors affecting trust in human-robot interaction. *Human factors*, 53(5), s. 517–527. <https://doi.org/10.1177/0018720811417254>

yhteistyöstä saadaan eniten hyötyä silloin, kun luottamuksen taso on oikea²². Vaikka käsitys sopivasta luottamuksen tasosta tuntuu intuitiiviselta, on tutkimuksissa saatu viitteitä siitä, että luottamus on monitahoinen ja erittäin yksilöllinen asia, jonka täydellinen ymmärtäminen vaatii vielä lisää tutkimusta^{19, 21, 23, 24, 25}. Tutkimuksissa korostetaan sitä, että käyttäjän pitää luottaa riittävästi robotiikkajärjestelmään. Samalla esille nostetaan automaatioharhan vaaroja, mutta käytännön keinoja niiden välttämiseen tai vähentämiseen ei vielä ole kehitetty. Tutkimuksissa suositellaan koulutusta automaatioharhan riskien vähentämiseksi ja riittävää järjestelmien käyttökoulutusta, mutta näitä ei käsitellä tarkemmin^{24, 25}.

Luottamukseen vaikuttavat tekijät

Kuva 2: Kolme tärkeää luottamustekijää ihmisen ja robotin vuorovaikutuksessa



Meta-analyyseiden tulokset ovat osoittaneet, että luottamuksella ja sen tekijöillä on merkittävä rooli työterveydessä ja -turvallisudessa. Yleisen käsityksen mukaan tekijät, jotka vaikuttavat ihmisten luottamukseen robotiikkajärjestelmiä kohtaan, voivat olla käyttäjään liittyviä, tilannesidonnaisia tai robottiin liittyviä, ja siksi niitä on harkittava tarkkaan, kun tehtäviä automatisoidaan robotiikkajärjestelmillä^{19, 21, 23}. Käyttäjään liittyviä tekijöitä ovat esimerkiksi käyttäjän tyytyväisyys, odotukset ja se, onko hän tottunut työskentelemään robottien kanssa. Robotteihin liittyvät tekijät voidaan jakaa edelleen suorituskyykyyn liittyviin tekijöihin, kuten luotettavuuteen ja virhetaajuuteen, sekä

ominaisuuksiin liittyviin tekijöihin, kuten ihmismäisyyden asteeseen ja fyysiseen ulkomuotoon. Yksi suorituskyykyyn liittyvä tekijä on toimintavarmuus, jonka korrelaatio luottamuksen kanssa on negatiivinen – kun toimintavarmuus lisääntyy, luottamuksen taso laskee. Robotin ominaisuuksiin liittyvien tekijöiden osalta kirjallisuudessa on viitteitä siitä, että persoonasta viestivät tekijät, kuten myönteiset kasvonilmeet, empatia, miellyttävyys ja sosiaalisuus, lisäävät luottamusta¹⁹. Tilannesidonnaisista tekijöistä taas tiimityö eli tiimin muodostaminen robotin kanssa näyttää vaikuttavan positiivisesti luottamukseen. Lisäksi kirjallisuudessa viitataan siihen, että tehtävän vaativuudella on merkittävä vaikutus luottamukseen. Mitä vaikeampi tehtävä, sitä enemmän käyttäjä luottaa robotiikkajärjestelmään. Yksi syy tälle voi olla se, että robotti vähentää ihmisen työkuormaa hoitamalla osan vaativimmista tehtävistä. Robotin luotettavuudella on myös myönteinen ja merkittävä vaikutus luottamukseen. Mitä luotettavammaksi robotti koetaan, sitä enemmän käyttäjä kokee voivansa luottaa siihen, että robotti suoriutuu tehtävistään käyttäjän odotusten mukaisesti²⁰. Kirjallisuudessa merkittäväksi tekijäksi on paljastunut myös **fyysinen läheisyys**. Mitä lähempänä käyttäjäänsä robotti on fyysisesti, sitä enemmän käyttäjä luottaa siihen (Hancock ym., 2020). Tämä huomio on erityisen merkittävä silloin, kun robottia käytetään kauko-ohjauksella. Näissä tilanteissa tulisikin pohtia, miten luottamusta voitaisiin parantaa muilla keinoilla. Tämän lisäksi kokemus robottien käytöstä ja ihmismäinen suunnittelu vaikuttavat positiivisesti luottamukseen. Mitä enemmän on käyttökokemusta ja mitä ihmismäisempi robotti on, sitä enemmän käyttäjä luottaa robotiikkajärjestelmään. Ihmiset luottavat robottiin enemmän myös silloin, jos robotti vastaa käyttäjän odotuksiin ja käyttäjät ovat sen käyttöön tyytyväisiä. Yleisesti Hancock ym. toteavat, että robottiin liittyvillä tekijöillä on suurempi vaikutus käyttäjän luottamukseen kuin käyttäjään liittyvillä tekijöillä. Robottiin liittyvistä luottamustekijöistä robotin ominaisuuksilla ja sen suorituskyyvyllä on suurin vaikutus luottamukseen. Liiallisen luottamuksen haitallisia vaikutuksia ei kuitenkaan tule sivuuttaa varsinkaan tilanteissa, joissa liika luottamus yhdistyy rajalliseen ymmärrykseen siitä, miten automatisoitu teknologia toimii. Tämä voi johtaa vaaratilanteisiin, kuten odottamattomaan toimintaan, tai siihen, että automaation virheitä ei

²² Sanders, T., Oleson, K. E., Billings, D. R., Chen, J. Y., & Hancock, P. A. (syyskuu 2011). A model of human-robot trust: Theoretical model development. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 55(1). s. 1432–1436. SAGE Publications. <https://doi.org/10.1177/1071181311551298>

²³ Schaefer, K. E., Chen, J. Y., Szalma, J. L., & Hancock, P. A. (2016). A meta-analysis of factors influencing the development of trust in automation: Implications for understanding autonomy in future systems. *Human factors*, 58(3), s. 377–400. <https://doi.org/10.1177/001872081663422>

²⁴ Goddard, K., Roudsari, A., & Wyatt, J. C. (2012). Automation bias: a systematic review of frequency, effect mediators, and mitigators. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 19(1), s. 121–127. <https://doi.org/10.1136/amiajnl-2011-000089>

²⁵ Papadimitriou, E., Schneider, C., Tello, J. A., Damen, W., Vrouenraets, M. L., & Ten Broeke, A. (2020). Transport safety and human factors in the era of automation: What can transport modes learn from each other?. *Accident Analysis & Prevention*, 144, 105656. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2020.105656>

tunnisteta tai niihin reagoidaan liian hitaasti²⁵. Tämä tekijä on myös läheisesti yhteydessä riittävän automaatioteknologian käyttökoulutuksen tarjoamiseen.

Johtopäätökset ja suositukset

Kun robotiikkajärjestelmien autonomia ja kyvyt lisääntyvät, on alettava puhua teknologian kanssa vuorovaikutuksessa olemisesta sen käyttämisen sijaan. Tähän vuorovaikutukseen vaikuttavat monet tekijät, jotka liittyvät esimerkiksi työtilanteeseen, kuten fyysinen läheisyys, robotiikkajärjestelmän ulkomuotoon tai käyttäytymiseen taikka järjestelmän käyttäjiin ja siihen, kuinka paljon he luottavat järjestelmään.

Mitä edistyneempiä robotiikkajärjestelmiä kehitetään, sitä enemmän järjestelmän ominaisuudet voivat tuoda työterveyteen ja -turvallisuuteen liittyviä mahdollisuuksia tai aiheuttaa riskejä. Esimerkiksi **ihmismäinen suunnittelu** tai **mahdollisuus yksilöllistää toimintoja** voivat **helpottaa ja parantaa** ihmisen ja robotin **vuorovaikutusta**. Kehitykseen voi kuitenkin liittyä myös negatiivisia seurauksia työterveydelle ja -turvallisuudelle, kuten **vääriä odotuksia, valvontaa** tai **yksityisyyden suojaan liittyviä ongelmia**. Siksi on tärkeää, että eri suunnittelun osatekijöihin liittyvien riskien ja mahdollisuuksien välillä saavutetaan **tasapaino**.

Vaikka kehittynyt robotiikka on verrattain uutta teknologiaa, suosittelemme, että työjärjestelmien kehittämisessä käytetään **tutkittuja suunnitteluperiaatteita**, jotka ovat linjassa ihmisen ja järjestelmän vuorovaikutuksen ergonomiaa koskevien standardien (esim. EN ISO 9241-110) kanssa, sillä niistä on yleismaailmallista hyötyä ihmisiin keskittyvien järjestelmien kehittämisessä. Tehokas ja tarkka viestintä **robotin kyvykkyydestä** on myös ensiarvoisen tärkeää onnistuneen vuorovaikutuksen kannalta. Tämä koskee myös **odotusten hallintaa** robotiikkajärjestelmien suunnittelussa. Sellaiset robotin piirteet, jotka eivät ole yhteydessä mihinkään toimintoon, voivat aiheuttaa riskejä työntekijöille. Ihmismäinen suunnittelu voi erityisesti johtaa vääriin odotuksiin robotin kyvyistä, ja siksi robotilla tulee olla esimerkiksi silmät tai korvat vain, jos robotti kykenee käsittelemään sellaista tietoa, joka yleisesti yhdistetään näihin aisteihin. **Järjestelmän kyvykkyyden läpinäkyvyys** on siksi tärkeää ihmisen ja robotin onnistuneelle vuorovaikutukselle. On kuitenkin löydettävä tasapaino riittävän läpinäkyvyyden ja tietotulvan välillä. Jos järjestelmä kerää **henkilötietoja**, on työntekijälle kerrottava keruusta ja siitä, millaisia tietoja järjestelmä kerää. Vuorovaikutussuunnittelulla voi olla merkittäviä seurauksia työntekijän henkiseen ja fyysiseen hyvinvointiin. Siksi on tärkeää, että järjestelmät ovat läpinäkyviä ja että käyttäjät voivat **luottaa** niihin eivätkä koe kuormittuvansa liikaa.

Laatijat: Patricia Helen Rosen, Saksan liittovaltion työturvallisuudesta ja -terveydestä vastaava laitos (BAuA); Eva Heinold, Saksan liittovaltion työturvallisuudesta ja -terveydestä vastaava laitos (BAuA); Elena Fries-Tersch, Milieu Consulting SRL; Sascha Wischniewski, Saksan liittovaltion työturvallisuudesta ja -terveydestä vastaava laitos (BAuA).

Hankehallinto: Ioannis Anyfantis, Annick Starren, Emmanuelle Brun (EU-OSHA).

Tämän toimintapoliittisen katsauksen tilasi Euroopan työterveys- ja työturvallisuusvirasto (EU-OSHA). Sen sisältämät näkemykset, mahdolliset mielipiteet ja päätelmät ovat yksinomaan tekijöiden näkemyksiä eivätkä välttämättä edusta EU-OSHA:n näkemyksiä.

Euroopan unionin virasto tai viraston puolesta toimiva henkilö ei ole vastuussa siitä, miten näitä tietoja mahdollisesti käytetään.

© Euroopan työterveys- ja työturvallisuusvirasto, 2023

Jäljentäminen on sallittua, jos lähde mainitaan.

Sellaisten kuvien tai muun aineiston jäljentämiseen tai käyttämiseen, jotka eivät kuulu EU-OSHA:n tekijänoikeuteen, on pyydettävä lupa suoraan tekijänoikeuden haltijalta.