

Pažangioji robotika ir automatizavimas. Poveikis darbuotojų saugai ir sveikatai

Santrauka

Autoriai: Patricia Helen Rosen, Federalinis darbuotojų saugos ir sveikatos institutas (*BAuA*); Eva Heinold, Federalinis darbuotojų saugos ir sveikatos institutas (*BAuA*); Elena Fries-Tersch, „Milieu Consulting SRL“; Sascha Wischniewski, Federalinis darbuotojų saugos ir sveikatos institutas (*BAuA*)

Projekto administratoriai: Ioannis Anyfantis, Annick Starren, Emmanuelle Brun (EU-OSHA)

Tai Europos darbuotojų saugos ir sveikatos agentūros (EU-OSHA) užsakytos ataskaitos santrauka. Santrauka, taip pat bet kokia joje išreikšta nuomonė ir (arba) pateiktos išvados, priklauso autoriams ir jos turinys nebūtinai atitinka EU-OSHA nuomonę.

Nei Europos agentūra, nei joks jai atstovaujantis asmuo negali būti laikomas atsakingu už toliau pateiktos informacijos panaudojimą.

© Europos saugos ir sveikatos darbe agentūra, 2023

Leidžiama atgaminti nurodžius šaltinį.

Norint naudoti arba dauginti nuotraukas arba kitą medžiagą, kurios autorių teisės priklauso ne EU-OSHA, būtina gauti tiesioginį autorių teisių turėtojų leidimą.

Contents

1 Įvadas ir tikslai	3
2 Metodika	3
3 Pažangioji robotika ir užduočių rūšys.....	3
3.1 Visiškas užduočių automatizavimas pasitelkiant pažangiąją robotiką (pakeitimas).....	3
3.1.1 Su asmeniu susijusios užduotys.....	3
3.1.2 Su objektu susijusios užduotys.....	4
3.2 Dalinis užduočių automatizavimas pasitelkiant pažangiąją robotiką (pagalba)	4
3.2.1 Su asmeniu susijusios užduotys.....	4
3.2.2 Su objektu susijusios užduotys.....	4
3.2.3 Su informacija susijusios užduotys.....	4
3.3 Poveikis darbo vietoms.....	5
3.4 Poveikis sektoriams	5
4 Poveikis darbuotojų saugai ir sveikatai	5
4.1 Psichosocialinis poveikis	5
4.1.1 Užduoties planavimas	6
4.1.2 Sąveikos projektavimas	6
4.1.3 Valdymas ir priežiūra	7
4.2 Fizinis poveikis.....	8
4.3 Organizacinis poveikis	8
4.4 Standartai	9
4.5 Rizikos vertinimas.....	9
5 Apibendrinimas ir išvados	10
Literatūra	12

1 Įvadas ir tikslai

Šis darbas yra EU-OSHA tyrimo „Politikos, tyrimų ir praktikos, susijusios su pažangiąja robotika ir dirbtinio intelekto sistemomis, skirtomis užduotims automatizuoti ir DSS, apžvalga“ dalis. Šios ataskaitos tikslas – pristatyti su darbuotojų sauga ir sveikata (DSS) susijusius iššūkius ir galimybes, kylančius dėl fizinių užduočių automatizavimo pasitelkiant robotikos sistemas, remiantis EU-OSHA ataskaitoje „Pažangioji robotika, dirbtinis intelektas ir užduočių automatizavimas. Apibrėžtys, naudojimo būdai, politika, strategijos ir darbuotojų sauga ir sveikata“ (EU-OSHA, 2022a) nustatyta klasifikacija. Šiuolaikinės robotų technologijos, pavyzdžiui, mobilieji robotai, surinkimo robotai ir egzoskeletiniai robotai, dažniausiai naudojamos fizinėms užduotims atlikti arba pakeisti, o jų atliekamų užduočių ir funkcijų spektras nuolat plečiasi. Šioje ataskaitoje taip pat aprašomi įvairūs ekonomikos sektoriai ir darbai, kuriuose fizinės užduotys yra visiškai arba iš dalies automatizuotos. Galiausiai apibūdinamas jų automatizavimo, naudojant robotikos sistemas, poveikis su darbu susijusiems fiziniams, psichosocialiniams ir organizaciniais DSS aspektams, esami ir būsimi DSS iššūkiai ir galimybės.

2 Metodika

Šioje ataskaitoje taikyta metodika ir pagrindiniai duomenų šaltiniai yra sisteminės apžvalgos ir metaanalizės, taip pat pilkosios literatūros apžvalga ir mokslinių darbų ankstesnių nuorodų paieška. Pagrindinės apžvalgoje nagrinėjamos sritys – dirbtinis intelektas (DI), žmogaus ir roboto sąveika (ŽRS), užduočių automatizavimas ir konkreti populiacijos, poveikio ir rezultatų seka. Iš viso peržiūrėta 4 070 rezultatų, iš jų 111-oje buvo šiam projektui svarbios informacijos. Siekiant papildyti išvadas, atlikta papildomų literatūros tyrimų įvairiuose sektoriuose. Be to, siekiant gauti daugiau kokybinių įžvalgų apie fizinių užduočių automatizavimą, surengti pusiau struktūrizuoti interviu su atrinktų pažangiosios robotikos srities ekspertų grupe. Iš viso surengti devyni interviu.

3 Pažangioji robotika ir užduočių rūšys

Tyrimo rezultatai suskirstyti į trijų kategorijų užduotis – susijusias su asmeniu, susijusias su informacija ir susijusias su objektu. Taip pat žiūrėta, ar konkreti užduotis yra visiškai, ar tik iš dalies automatizuota. Be to, automatizuotos užduotys suskirstytos į įprastines ir neįprastines, kai buvo galima tai nustatyti. Rezultatai rodo, kad apžvelgtoje literatūroje pateikiami ne visi galimi šių kategorijų deriniai. Šiuo metu turimomis sistemomis daugiausia atliekamos įprastinės užduotys. Visgi tikėtina, kad ateityje, technologinėms galimybėms tobulėjant, bus automatizuojama vis daugiau neįprastinių užduočių.

3.1 Visiškas užduočių automatizavimas pasitelkiant pažangiąją robotiką (pakeitimas)

3.1.1 Su asmeniu susijusios užduotys

Atliekant su asmeniu susijusią užduotį vyksta tam tikra asmens ir technologijos sąveika. Ši sąveika neapsiriboja tik naudotoju ir technologija, ji gali apimti ir kitus dalyvius. Puikus su asmeniu susijusios užduoties automatizavimo pavyzdys yra robotikos sistemos, padedančios slaugytojams kelti pacientus.

Įprastinė užduotis

Tam, kad automatizuotas procesas būtų priskiriamas prie įprastinių užduočių, veiksmai turi būti pasikartojantys ir nekintantys. Technologiniu požiūriu įprastinio veiksmo apibrėžtis yra daug siauresnė nei žmogiškuoju požiūriu. Fizinių įprastinių su asmeniu susijusių užduočių pavyzdžių pirmiausia galima rasti **sveikatos priežiūros** sektoriuje. **Pagalbiniai slaugos** robotai už slaugytoją atlieka mažiau svarbias užduotis ir padeda susitvarkyti su protiniu ir fiziniu darbo krūviu. Viena tokių užduočių – adatos įdūrimas, kai reikia **paimti kraujo** arba sušvirkšti vaistus. Specializuoti slaugos robotai gali **perkelti pacientus** iš lovos į neįgaliojo vežimėlį arba padėti jiems atsistoti be slaugytojo pagalbos (Kyrarini et al., 2021). **Pacientų vedžiojimas ir daiktų atnešimas** taip pat gali būti visiškai automatizuoti veiksmai. Dar viena paprastai labai daug laiko ir darbo reikalaujanti užduotis sveikatos priežiūros srityje – pacientui padėti **atsigerti ir pavalgyti** (Kyrarini et al., 2021). Gydytojams įvairias užduotis padeda atlikti ir specializuoti **chirurginiai robotai**. Pvz., įprastinis chirurgų atliekamas veiksmas, nuo kurio priklauso bendra operacijos sėkmė, yra žaizdų siuvimas (Manolesou et al., 2021).

3.1.2 Su objektu susijusios užduotys

Bene žinomiausias robotikos sistemų naudojimo būdas yra fizinės užduotys, susijusios su objektais. Pramoniniai robotai, atliekantys ėmimo ir dėjimo užduotis, buvo viena pirmųjų visiškai automatizuotų sistemų, įdiegtų darbo vietose.

Įprastinė užduotis

Naudojant robotų sistemas gali būti visiškai automatizuojamos tokios pramoninės užduotys kaip **suvinimas, surinkimas, dažų purškimas, pakavimas ir išdėstymas, pjaustymas, perkėlimas ir šlifavimas** (Iqbal et al., 2016). Būtent šias užduotis nurodė ir kalbinti ekspertai. Jie dar nurodė **sunkių daiktų kėlimą**, veiksmus, kuriuos reikia atlikti tiksliai, pavyzdžiui, **ėmimo ir dėjimo užduotis**, ir nedidelės apimties surinkimo elementų gamybą, kai gaminama daug gaminių ir (arba) atliekami tikslumo reikalaujantys darbai. Sandėliuose, ligoninėse ir prekybos centruose dažnai atliekamos **logistikos ir transportavimo užduotys**. Robotika plačiai taikoma **kasyboje** – užduotys apima sunkiasvorių mašinų valdymą ir **kėlimo** užduotis, robotizuotą **buldozerių valdymą, kasimo ir transportavimo darbus**, taip pat robotizuotą **gręžimą** ir galbūt **darbą su sprogmėmis** (Plotnikov et al., 2020).

3.2 Dalinis užduočių automatizavimas pasitelkiant pažangiąją robotiką (pagalba)

Nors kai kurios robotų sistemos jau pakankamai technologiškai pažangios, kad galėtų visiškai savarankiškai atlikti užduotis, yra nemažai iš dalies automatizuojamų užduočių, kai žmogus vis dar aktyviai dalyvauja procese, bet jo nekontroliuoja.

3.2.1 Su asmeniu susijusios užduotys

Įprastinė užduotis

Medicininio darbo aplinkoje yra daug smulkių fizinių užduočių, kurios įprastai atliekamos su pacientais. Tarp slaugos užduočių, kurioms atlikti pasitelkiami robotai, paminėtinos **apsirengimo ir asmeninės higienos užduotys** (Kyrarini et al., 2021). Nors pats procesas gali skirtis priklausomai nuo paciento, daug darbo reikalaujanti ir dažna užduotis yra paciento perkėlimas ir **kėlimas**. Slaugos personalas, naudodamasis robotikos sistema, gali padėti pacientui, kai jam kyla rizika nugriūti ar susižaloti (Hu et al., 2011). Nors šios užduotys gali būti visiškai automatizuotos, šiuo metu šioje srityje labiau paplitusios iš dalies automatizuotos sistemos.

3.2.2 Su objektu susijusios užduotys

Įprastinė užduotis

Kai kurios užduotys, ypač gamyboje, sąmoningai keičiamos iš neautomatizuotų į iš dalies automatizuotas, įdiegiant robotikos sistemas. Pažangieji robotai pramonėje ir gamyboje atlieka daugybę užduočių, pradedant **surinkimu, pakavimu ir krovimu ant palečių, suvinimu, gaminių surinkimu, medžiagų tvarkymu** ir baigiant **gaminių tikrinimu** (Matheson et al., 2019). Šiuo metu tokio pobūdžio užduotys atliekamos su įvairaus masto žmogaus dalyvavimu ar priežiūra: nuo veiksmų atlikimo iki priežiūros. Kai kurios iš šių užduočių glaudžiai susijusios su statybos darbais. Tokių užduočių pavyzdžiai – automatizuotas robotizuotas **mūrijimas, sunkių daiktų perkėlimas** naudojant roboto ranką ir griebtuvą, kurį valdo statybininkas, ir betono siurbliai su specialiais jutikliais, leidžiančiais matuoti svarbiausius darbinis kintamuosius, pavyzdžiui, orientaciją, kampus, gylį ir atstumus.

3.2.3 Su informacija susijusios užduotys

Įprastinė užduotis

Kaip minėta kalbant apie visiškai automatizuotas užduotis, apžvelgiamoje literatūroje nėra ištirtų atvejų, kai su informacija susijusias fizines užduotis atliktų pažangiosios robotikos sistemos. Tačiau tiriant realiai įdiegtas robotikos sistemas nustatyta, kad jos naudoja jutiklius informacijai iš aplinkos rinkti ir turi apdorojimo galimybių, kurios gali padėti pasiūlyti veiksmus, imtis veiksmų arba tiesiog įjungti pavojaus signalą. Nors esama atvejų, kai pažangiosios robotikos sistemos naudojamos su informacija susijusiais tikslais, trūksta tyrimų apie jų poveikį DSS tiek kognityviniu, tiek fiziniu lygiu.

3.3 Poveikis darbo vietoms

Per dešimtmetį padaugėjo darbo vietų aukštąjį išsilavinimą turinčioms profesijų grupėms, kurios yra labiau orientuotos į analitinę veiklą ir turi įgūdžių greitai mokytis ir prisitaikyti prie naujų technologinių pasiekimų. Darbuotojų perkvalifikavimas laikomas ir pasekme, ir būtinybe siekiant tolesnio augimo pramonės sektoriuje (de Vries et al., 2020). Dažnai sakoma, kad dabartiniai pokyčiai dėl robotikos sistemų paskatins permąstyti darbuotojų išsilavinimo tikslus, skatinti nuolatinio mokymosi idėją ir ugdyti tinkamus, pritaikomus ir naujus įgūdžius (Kim & Park, 2020).

Sveikatos priežiūros srityje dirbantys žmonės pajus fizinių užduočių automatizavimo poveikį. Nustatyta, kad darbo vietos, kurioms nereikia nė bakalauro laipsnio, ligininėse nyksta, o tai rodo, kad pereinama prie labiau žiniomis ir kognityviniais gebėjimais grindžiamo darbo (Terminino ir Rimbau Gilabert, 2018). Manoma, kad pagrindinis fizinių užduočių automatizavimo, naudojant robotikos sistemas, poveikis slaugytojams bus jų bendro fizinio krūvio sumažėjimas (Denault et al., 2019). Sen et al. (2020) atliktas su darbu susijusių raumenų ir kaulų sistemos sutrikimų kalnakasybos sektoriuje tyrimas atskleidė, kad kalnakasyboje automatizavimas padėtų sumažinti raumenų ir kaulų sistemos sutrikimų skaičių ir bendrą riziką darbo vietoje. **Sandėliai** taip pat gali būti pavojinga vieta dirbti. Darbuotojų saugai dažniausiai kylantys pavojai yra paslydimas, suklupimas ir kritimas iš aukščio. Pasitelkti robotus, kad darbuotojams reikėtų kuo mažiau dirbti aukštyje arba valdyti didelės rizikos įrangą, pvz., krautuvus, saugos požiūriu žmonėms būtų labai naudinga. Vienas svarbiausių robotų naudojimo privalumų **statybininkams** yra tai, kad robotai gali padėti atlikti pasikartojančias ar pavojingas statybos užduotis. Tačiau šis pokytis taip pat reiškia, jog visos darbuotojų grupės turi įgyti naujų įgūdžių, kad galėtų dirbti su įrenginiais ir juos prižiūrėti.

3.4 Poveikis sektoriams

Atlikus automatizuotų fizinių užduočių analizę sektoriuose paaiškėjo, kad daug automatizuotų arba iš dalies automatizuotų užduočių atliekama **žmonių sveikatos priežiūros ir socialinio darbo** sektoriuje. Daugiausia tokių užduočių atliekama ligininėse. Robotikos sistemų pritaikymo galimybių gausa rodo, kad netolimoje ateityje robotų diegimas šioje darbo aplinkoje įgaus pagreitį. Kalbant apie sektorius, tikėtina, kad ir toliau didės jų svarba sveikatos priežiūros ir socialinio darbo sektoriuose ir tai bus viena pagrindinių robotikos sistemų taikymo sričių.

Didelis poveikis daromas ir **gamybos** sektoriui. Ekspertai sutiko, kad šiuo metu gamybos sektorius yra pagrindinis pažangiosios robotikos diegimo sektorius. Yra daugybė beveik visiškai automatizuotų gamyklų, pavyzdžiui, automobilių pramonėje.

Mokslinėje literatūroje taip pat gana dažnai aptariamas ir ekspertų minimas bendrasis **transporto ir sandėliavimo** sektorius. Logistikos rinka ypač sparčiai keičiasi dėl didėjančios e. prekybos, masinės gamybos pritaikymo ir filosofijos „pačiu laiku“. Automatizuoti procesai ir robotai vis dažniau pakeičia darbo jėgą šiuolaikiniuose **kasybos** procesuose. Mokslinėje literatūroje rečiau minimi, tačiau ekspertų pabrėžiami **statybos ir žemės ūkio, miškininkystės ir žuvininkystės** sektoriai.

4 Poveikis darbuotojų saugai ir sveikatai

4.1 Psichosocialinis poveikis

Daug psichologinių aspektų taip pat aptariami nepriklausomai nuo konkrečios užduoties rūšies ir tam tikru mastu gali būti taikomi ir fizinėms užduotims. Žmogaus ir įrenginių sąveikos ir sveikatos darbe apžvalgoje nurodomos atitinkamos žmogaus ir įrenginio sąveikos kategorijos, kurios yra svarbios analizuojant su užduočių automatizavimu susijusias pasekmes. Tai *funkcijų paskirstymas, sąsajos ir sąveikos projektavimas*, taip pat *įrenginių ir sistemų valdymas ir priežiūra* (Robelski ir Wischniewski, 2018). Automatizuotų užduočių funkcijų paskirstymo aspektas reiškia, kad pati darbo užduotis nustato, kaip paskirstyti funkcijas tarp žmonių ir įrenginių, šiuo atveju – pažangiųjų robotikos sistemų (Robelski ir Wischniewski, 2018). Dažnas reiškinys, susijęs su užduočių automatizavimu, yra pernelyg didelis pasitikėjimas automatizavimu. Tyrimai rodo, kad patirtis ir mokymas neužkerta kelio pernelyg didelio pasitikėjimo atsiradimui. Kaip apibendrina Parasuraman ir Manzey (2010), mokslinėje literatūroje aptinkama, kad yra trys pagrindiniai veiksniai, prisidedantys prie palankumo automatizavimui formavimosi. Pirmasis susijęs su žmonių polinkiui sprendimų priėmimo procesuose rinktis mažiausiai kognityvinių pastangų reikalaujantį kelią. Antrasis veiksnys yra naudotojų polinkis pervertinti automatizavimo sistemų veikimą ir kompetenciją. Trečiasis veiksnys, prisidedantis prie palankumo

automatizavimui, yra reiškinys, kuris taip pat pastebimas žmonėms atliekant bendras užduotis. Tai atsakomybės išsklaidymas, lemiantis „socialinį atsipalaidavimą“, t. y. žmonių polinkį mažinti savo pastangas dirbant su kitais (Parasuraman ir Manzey, 2010).

Pasitikėjimas

Atlikta nemažai tyrimų, kuriuose nagrinėtos pasitikėjimo robotikos sistemomis prielaidos. Sutariama, kad prielaidos, turinčios didelę įtaką žmonių pasitikėjimui robotikos sistemomis, gali būti susijusios su žmogumi, robotu arba kontekstu, todėl, naudojant robotikos sistemas užduotims automatizuoti, į šias prielaidas reikia atsižvelgti (Hancock et al., 2011; Hancock et al., 2020). Kalbant apie su robotais susijusias prielaidas, didžiausią įtaką pasitikėjimui turi roboto savybės ir jo veikimas. Svarbu atsižvelgti ne tik į pasitikėjimą didinančius aspektus, bet ir į tai, kad kai kurie aspektai gali turėti neigiamą poveikį užduočių atlikimui ar kelti kitų problemų (Hancock et al., 2020). Netinkamas antropomorfizmas gali sukelti pavojingų situacijų, tokių kaip netikėtas elgesys, automatikos gedimo neatpažinimas arba per lėtas reagavimas į automatikos gedimą (Papadimitriou et al., 2020).

4.1.1 Užduoties planavimas

Darbo kontrolė

Sąvoka „darbo kontrolė“, apimanti sprendimų priėmimo laisvės, laiko ir paties metodo kontrolės aspektus, darbo psichologijoje vartojama seniai. Mokslinėje literatūroje labai išsamiai aprašytas teigiamas darbo kontrolės poveikis darbuotojų gerovei, motyvacijai, pasitenkinimui ir psichikos sveikatai, padedantis atlaikyti aukštus darbo reikalavimus (Bakker ir Demerouti, 2007; Karasek, 1979, 1998). Kalbant apie kintančias užduočių charakteristikas ir pasikeitusį darbo kontrolės lygį, kai užduotims (iš dalies) automatizuoti naudojama pažangioji robotika, apklausti ekspertai taip pat minėjo nepasitikėjimo savo gebėjimais riziką, kylančią dėl naujų ar modifikuotų užduočių. Kita vertus, jei užduoties ir sistemos ribos nėra aiškios, gali kilti pavojus, kad darbo kontrolė ar sprendimų priėmimo laisvė taps per didelė, o tai vėlgi gali pabloginti savijautą ar kelti stresą.

Kontrolės jausmas

Užduoties savybes, kurias lemia darbo kontrolės lygis, darbuotojai gali suvokti skirtingai. Todėl su darbo kontrolės samprata glaudžiai siejamas subjektyvus kontrolės jausmas – taip pat psichologijoje gerai žinoma sąvoka (Spector, 1998). Didėjantis robotikos sistemų autonomiškumas gali paskatinti darbuotojus skirti joms užduotis, kurias sistema gali atlikti jiems neprarandant situacijos kontrolės jausmo. Riziką prarasti kontrolę – subjektyvų jausmą arba objektyvią aplinkybę – aiškiai minėjo ir apklausti ekspertai. Ekspertai taip pat pabrėžė, kad principas „žmogus kontroliuoja“ turėtų būti laikomas pagrindiniu.

Darbo intensyvumas ir kvalifikacijos praradimas

Kalbant apie darbo užduočių planavimą, labai dažnai aptariama ir nagrinėjama psichosocialinė darbo sąlyga yra darbo intensyvumo aspektas, pavyzdžiui, kaip aprašyta darbo, paklausos ir kontrolės modelyje (Karasek, 1979, 1998) arba platesniame darbo, paklausos ir išteklių modelyje (Demerouti et al., 2001). Su galimu darbo vietų polarizavimu siejamas įgūdžių įvairovės mažėjimas – ši hipotezė aptariama kalbant apie užduočių automatizavimą ir darbo sistemų skaitmeninimą. Paprastai tariant, sudėtingų įprastinių užduočių automatizavimas reiškia, kad žemos kvalifikacijos darbuotojai turi vykdyti dar paprastesnes užduotis, užuot suteikus žmogui galimybę atlikti aukštesnio lygio įgūdžių reikalaujančias užduotis.

4.1.2 Sąveikos projektavimas

Mokslinėje literatūroje pateikiama nemažai robotų sąveikos projektavimo aspektų, kurie aptariami atsižvelgiant į įvairius DSS aspektus. Robotikos projektavimo aspektas ir sąveikos projektavimas gali būti siejami su skirtingomis savybėmis. Jos gali būti susijusios, pavyzdžiui, su robotikos sistemos išvaizda, roboto elgsena ir judėjimu ar sąveika, taip pat su bendravimo stiliais ir kanalais. Robotų judėjimo elgsenos atžvilgiu nagrinėjami tokie aspektai, kaip greitis, pagreitis ir lėtėjimas, trajektorijos ir artėjimo ar aplenkimo strategijos. Žmonių ir pažangiosios robotikos bendravimas gali būti suprojektuotas įvairiais lygiais. Skirtingi sąveikos projektavimo aspektai įvairiais mastais yra susiję su DSS rizika ir galimybėmis. O bendras tikslas yra padidinti gerovės, pripažinimo, pasitikėjimo, teigiamų emocijų ir teigiamos naudotojo patirties ar darbo eigos jausmą (pavyzdžiui, žr. Honig et al., 2018). Dėl sąveikos

neturi būti sukeliamas disfunkcinis darbo krūvis, dirginimas, įtampa ar trikdžiai – jei įmanoma, jie turi būti netgi mažinami. Vis dėlto robotikos projektavimo aspektai nėra atskiri dalykai ir visada turi būti atsižvelgiama į kontekstą ir darbo užduotį.

Antropomorfinis robotų dizainas

Mokslinėje literatūroje daug dėmesio skiriama įkūnijimo, tiksliau – antropomorfinio, robotų dizaino aspektui. Antropomorfinis robotų dizainas gali turėti teigiamą poveikį pasitikėjimui robotais. Tokios dizaino savybės, kaip akių ar veido išraiškos gali paskatinti natūralią sąveiką, priėmimą ir simpatiją, ypač socialinėje robotikoje (Fink, 2012). Visgi antropomorfinis dizainas gali turėti ir neigiamų pasekmių. Šios dizaino savybės gali paskatinti žmonių lūkesčius, susijusius su robotų galimybėmis ir elgesiu (Złotowski et al., 2015). Jei sistema turi akis, tikimės, kad robotas gebės apdoroti vaizdinius signalus. Antropomorfinis dizainas taip pat gali būti susijęs su robotų judesiais ar bendravimo strategijomis. Lūkesčių neatitikimo pasekmė gali būti susierzinimas ar net gerokai mažesnis pasitikėjimas pramoninėje aplinkoje (Roesler et al., 2020). Vis dėlto kalbant apskritai, jei antropomorfinio dizaino elementas neturi funkcinės paskirties, jis neturėtų būti naudojamas.

Dialogo principai ŽRS srityje

Vienas standartų, kuriuo reikėtų vadovautis sprendžiant sąveikos projektavimo klausimus, yra sąveikos principai (anksčiau vadinti dialogo principais), suformuluoti standarte EN ISO 9241-110. Sąveikos principais ir bendrosiomis projektavimo rekomendacijomis galima vadovautis kuriant ir vertinant naudotojo sąsajas, kad jos būtų patogesnės naudoti. Nustatyta, kad jie svarbūs ir naudingi projektuojant sistemų sąveiką ketvirtosios pramonės revoliucijos kontekste (Fischer et al., 2017), be to, pasirodė esantys tinkama robotikos sistemų vertinimo priemonė (Rosen et al., 2018). Naujas savarankiškumo laipsnis, kurį darbo vietai suteikia dirbtinio intelekto sistemos ir pažangioji robotika, visų pirma sukuria naują sąveikos kokybę, kurią būtų galima įvertinti ir patobulinti taikant dialogo principus ankstyvajame kūrimo proceso etape.

Skaidrumas ŽRS srityje

Tobulėjant robotikos sistemų galimybėms ir didėjant jų savarankiškumui, kūrėjai ir įstatymų leidėjai turi atsižvelgti į atsakomybės ir atskaitomybės aspektą sąveikoje. Atsakomybę už klaidas žmonės robotams priskiria dažniau nei kitiems objektams (Kahn et al., 2012). Kai darbo procese pasitaiko klaidų, naudotojai labiau kaltina robotą, mažiau – kitus. Visgi nereikėtų manyti, kad didesnis sistemos teikiamos informacijos kiekis būtinai yra naudingesnis naudotojui. Per didelis informacijos kiekis gali ne padidinti sistemos skaidrumą, o sukelti informacijos perteklių ir lemti negebėjimą atrinkti ir apdoroti svarbiausios informacijos (Finomore et al., 2011). Todėl svarbus, nors sudėtingas, uždavinys yra užtikrinti pakankamą skaidrumą.

4.1.3 Valdymas ir priežiūra

Sistemos valdymo ir priežiūros mastas gali būti laikomas tiesiogine pasekme, atsirandančia dėl funkcijų paskirstymo proceso ir konkretaus sąveikos dizaino (Robelski ir Wischniewski, 2018).

Požiūris į robotus ir darbo su jais patirtis

Kadangi robotikos sistemos, glaudžiai sąveikaujančios su žmonėmis darbo vietoje, yra santykinai naujos, darbuotojai dar nepatyrę ir neįpratę su jomis sąveikauti. Tai gali turėti įtakos jų požiūriui į robotus ir suformuoti tam tikrą jų pirminę patirtį. Žinome, kad naudojimas ir patirtis gali pakeisti darbuotojų suvokimą ir požiūrį į robotikos sistemas. Kai su šiomis sistemomis susipažįstama labiau, jų naujoviškumas mažėja, nes išankstinį įsivaizdavimą apie jų galimybes ir elgseną keičia realusis vaizdas (Sanders, 2019). Tikėtina, kad tiek pasitikėjimas, tiek palankaus vertinimo mastas augs, nes požiūris formuojasi susidūrus su sistema (Hancock et al., 2011). Nomura et al. (2011) nustatė, kad kaupiant bendravimo su robotais patirtį neigiamas požiūris į juos mažėja.

Socialinis palaikymas

Socialinis palaikymas darbo vietoje, pavyzdžiui, teikiamas komandos narių ir kolegų, laikomas svarbiu veiksmu, turinčiu įtakos gerovei ar pasitenkinimui. Tyrimai parodė, kad socialinis palaikymas mažina su darbu susijusį stresą ir patiriamą įtampą (Viswesvaran et al., 1999). Užduočių, kurias anksčiau atlikdavo žmonės, automatizavimas (iš dalies) ilgainiui gali lemti naujų komandų struktūrų atsiradimą. Gali būti,

kad jaučiamas socialinis palaikymas sumažės, nes tikriausiai sumažės bendravimas su žmonėmis – komandos nariais.

Baimė netekti darbo

Kai kurie darbuotojai robotikos sistemas vertins ne kaip naudingą technologiją, o kaip galimą pavojų netekti darbo. Reichert ir Tauchmann (2011) ištyrė darbuotojų, jaučiančių nesaugumą dėl darbo, psichologinio streso lygį ir nustatė, kad darbuotojai, kurių darbo vietos garantijos menkos, pasižymi prastesne psichologine sveikata. Be to, neužtikrintumo dėl darbo vietos poveikis dar labiau sustiprėja darbuotojams, kurie jau anksčiau turėjo psichikos sveikatos problemų. Kozak et al. (2020) išsiaiškino, kad darbo vietos nesaugumas dėl automatizavimo pasitelkiant robotikos sistemas nėra nepagrįsta nežinomybės baimė, o veikiau racionalus darbuotojų atliekamų užduočių automatizavimo rizikos atspindys. Jie pabrėžia, jog reikia toliau diegti darbuotojų įgūdžių ugdymo priemones, kad jie susidorotų ir su situacija realiai praradus darbą, ir su subjektyvia jo praradimo baime.

4.2 Fizinis poveikis

Fizinį užduočių automatizavimo pasitelkiant robotikos sistemas poveikį galima suskirstyti į toliau nurodytus galimus ir numatomus privalumus bei galimą riziką. Teigiamo poveikio kategorijoje vienas svarbiausių aspektų yra darbuotojų apsaugojimas nuo pavojingos ar varginančios aplinkos (Gharbia et al., 2019; Sen et al., 2014). Kitą teigiamo poveikio grupę sudaro robotų sistemos, fiziškai padedančios darbuotojams atlikti konkrečias užduotis, kai nuolatinis ar pasikartojantis fizinis krūvis kelia pavojų sveikatai (Kyrarini et al., 2021). Šiai kategorijai galima priskirti daugelį bendrųjų užduočių, automatizuojamų robotikos sistemomis, pavyzdžiui, daikto, su kuriuo dirbama, kėlimą ar net objekto transportavimą darbo vietoje. Tarp slaugytojų dažnai pasitaiko su darbu susijusių raumenų ir kaulų sistemos skausmų ir traumų. Todėl itin varginančių užduočių automatizavimas gali būti labai naudingas jų sveikatai. Patartina, kad darbo vietose būtų galimybė sumažinti fizinį darbo krūvį, darbo ciklą ir robotikos sistemos veikimą pritaikant pagal naudotojo fizinę būklę. Tai naudinga darbuotojo fizinei savijautai ir atitinka respondentų nuomonę apie tai, kokį poveikį robotas gali daryti darbuotojui.

Be pokyčių, kurie teigiamai atsiliepia darbuotojų fizinei būklei, ekspertai taip pat atkreipia dėmesį į tai, kad dėl naujų technologijų gali kilti naujų fizinių pavojų. Kadangi šiuo metu daugelis robotikos sistemų gali atlikti užduotis, susijusias su judėjimu, taip pat judėjimu su papildoma fizine apkrova, ne kartą buvo pabrėžta susidūrimo rizika. Nors darbuotojo ir roboto susidūrimas jau pats savaime kelia pavojų sveikatai, galimybė susižaloti padidėja, kai robotas dirba su objektu arba prie jo pritvirtinamas aštrus ar smailas griebtuvas. Dėl netyčinių judesių žmogus gali atsitrengti arba įstrigti tarp roboto ir fiksuotos dalies, pavyzdžiui, gali būti prispausta ranka. Todėl reikia apsvarstyti sąlyčio jėgos ribas. Kitas rizikos veiksnys yra mechaniniai gedimai: jei nebus atliekama tinkama techninė priežiūra, gali įvykti klaida, kurios pasekmės gali būti tokios pat kaip ir kontrolės klaidos.

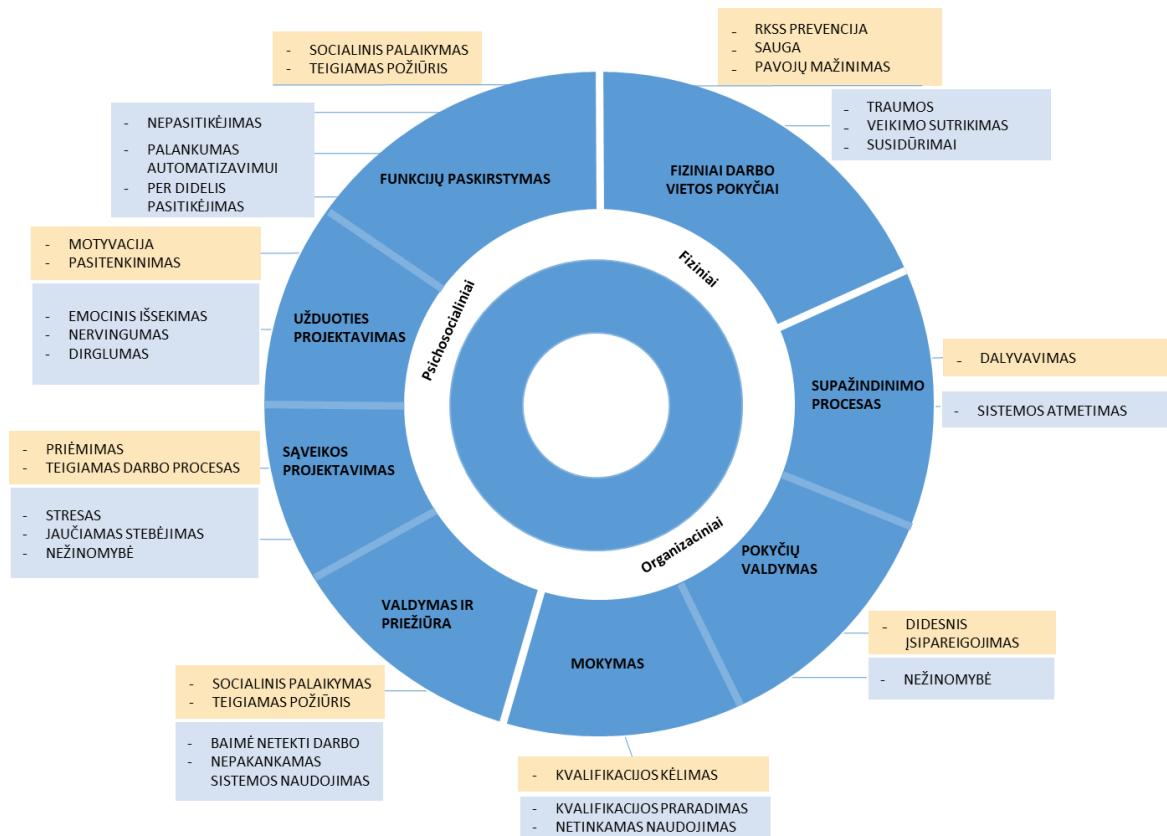
4.3 Organizacinis poveikis

Informuojant darbuotojus apie būsimus pokyčius galima sumažinti dėl šios priežasties kylantį nežinomybės jausmą. Be to, nustatyta, kad aiškus ir tiesioginis bendravimas taip pat prisideda prie darbuotojų pritarimo pokyčiams ir palankaus elgesio (Bordia et al., 2004). Prieš pradėdant naudoti robotą reikia ne tik apie tai kalbėti, bet ir pertvarkyti darbo vietą, kurioje jis bus naudojamas, iš naujo apibrėžti darbuotojų užduotis. Kalbinti ekspertai ypač pabrėžė rizikos vertinimo aspektą. Be to, kaip galimas priemones ekspertai įvardijo darbuotojų mokymą, darbo vietos vertinimą ir priežiūrą, geros techninės priežiūros procedūras.

Vienas didžiausių organizacinių pokyčių, su kuriais teks susidurti tokiose darbo vietose, bus įgūdžių tobulinimas ir mokymasis. Tai reiškia, kad darbuotojus reikės mokyti dirbti su naujomis robotikos technologijomis ir kartu vengti kvalifikacijos ir kitų svarbių kompetencijų praradimo. Atsižvelgus į šiuos veiksnius ir suteikus darbuotojams reikiamas galimybes, gali padidėti jų dalyvavimas vykdant organizacinius pokyčius. Nustatyta, kad darbuotojų dalyvavimas įgyvendinant ir priimant sprendimus skatina palankų jų elgesį (Gagne et al., 2000).

1 paveiksle pateikiama nustatytų psichosocialinių, fizinių ir organizacinių veiksnių, ir galimos su DSS susijusios rizikos ir naudos apžvalga.

1 pav. Su DSS susijusių veiksnių ir poveikio apžvalga



4.4 Standartai

Be A tipo standartų (pagrindiniai saugos standartai) ir B tipo standartų (bendrieji saugos standartai), kurie, jei reikia, taip pat taikomi, šiuo metu yra trys įrenginių saugos standartai (C tipo standartai), taikomi robotikos sistemoms. Visas sąrašas pateikiamas ataskaitoje. Apibendrinant ekspertų nuomonę apie robotikos sistemų standartus, reikia paminėti, kad jie mato galimybę tobulinti tam tikrus esamų standartų aspektus. Tačiau papildomų standartų poreikio, ekspertų manymu, kol kas nėra. Tai atspindi dabartinį visiškai integruotų ŽRS sprendimų, šiuo metu naudojamų Europoje, skaičių, kaip rodo, pavyzdžiui, ESENER-3 duomenų rezultatai (EU-OSHA, 2022a). Atliekant šio projekto tyrimus nustatyti konkretūs DSS pavojai, susiję su pažangiąja robotika ir dirbtinio intelekto sistemomis. Nors su pažangiosios robotikos naudojimu siejama tam tikra rizika, šiuo metu rizikos vertinimo priemonių, apimančių ir rizikos nustatymą, ir jos analizę, yra nedaug ir jos dažniausiai nėra lengvai prieinamos.

4.5 Rizikos vertinimas

Dažnai sunku nustatyti, kokį konkretų poveikį DSS daro pažangiosios robotikos ar dirbtinio intelekto sistemos įdiegimas darbo vietoje, nes jis priklauso nuo konkrečios sistemos, automatizuotos užduoties ir aplinkos. Tas pats pasakytina ir apie bendrą tokių sistemų diegimo ir įgyvendinimo darbo vietoje riziką. Pastaraisiais metais jau sukurtos pirmosios kobotų rizikos vertinimo priemonės (pvz., Stone et al., 2021; Raza et al., 2021), tačiau viešai prieinamų išbandytų ir paskelbtų priemonių yra nedaug. Kuriant rizikos vertinimo priemones taip pat susiduriama su iššūkiu dėl dažnai keičiamos koboto darbo aplinkos. Vis dėlto norint užtikrinti DSS labai svarbu atlikti tikslų ir išsamų technologijos keliamos rizikos vertinimą darbo vietoje ir tai darant reikia atsižvelgti į tai, kad trūksta vertinimo priemonių, kurias būtų galima taikyti pažangiosioms robotikos sistemoms, kobotams ir dirbtinio intelekto sistemoms, atliekančioms automatizavimo užduotis.

5 Apibendrinimas ir išvados

Analizuojant užduočių tipus ir automatizavimo laipsnį, kuriems šiuo metu naudojamos pažangiosios robotikos taikomosios programos, pastebima, kad daugiausia dėmesio skiriama įprastinėms su asmeniu susijusioms užduotims ir su objektais susijusioms užduotims, susijusioms atitinkamai su pusiau automatizavimu ir visišku automatizavimu. Su asmeniu susijusios užduotys apima daugybę slaugos užduočių, įskaitant pacientų kėlimą arba pagalbą jiems valgant ar geriant. Be to, iš dalies arba visiškai automatizuojamos kai kurios chirurginės ir kitos medicininės užduotys. Kalbant apie su objektais susijusias užduotis, daugiausia automatizuojamos gamybos sektoriaus, sandėliavimo ir amatų užduotys. Be to, įvairiose srityse, pavyzdžiui, gamyboje, ligoninėse ir sandėliuose, visiškai automatizuojamos pakavimo, transportavimo ir pristatymo užduotys. Su objektais susijusios užduotys, kurias pažangioji robotika padeda atlikti iš dalies, yra surinkimo užduotys.

Viena svarbiausių išvadų – mokslinėje literatūroje šiuo metu DSS rizikos veiksniai ir galimybės nenagrinėjami arba labai retai nagrinėjami atsižvelgiant į užduočių metodą. Akivaizdžiai trūksta tyrimų, kuriuose būtų nagrinėjama ŽRS ir su ja susijusi DSS rizika ir galimybės atliekant tik fizines užduotis. Taigi, pateikiamos išvados gali būti laikomos bendromis išvadomis, iki tam tikro lygio taikytinomis visiems robotams.

Remiantis moksline literatūra pavyko nustatyti keturis ŽRS aspektus, kurie gali būti susiję su skirtinga rizika ir galimybėmis darbuotojų saugos ir sveikatos srityje: funkcijos arba užduočių paskirstymas, užduočių planavimas ir sąveikos projektavimas, taip pat valdymas ir priežiūra.

Kalbant apie funkcijų ar užduočių paskirstymo aspektą, matyti, kad šie procesai gali tapti dinamiškesni, nes numatoma, kad robotikos sistemos bus naudojamos lanksčiai. Jei tai bus atliekama gerai, rezultatas gali būti didesnis sistemos našumas, mažesnis klaidų skaičius, optimalus darbo krūvis, didesnė motyvacija, pasitenkinimas ir gerovė. Visgi su funkcijų paskirstymu susijusi rizika apima daugybę žmogiškųjų aspektų, pavyzdžiui, pasitenkinimą, sprendimų šališkumą, sumažėjusį situacijos suvokimą, neproporcingai didelį protinį krūvį, nepasitikėjimą ir pernelyg didelį pasitikėjimą. Didesnis automatizavimo lygis gali sumažinti operatoriaus protinį darbo krūvį, tačiau dėl jo taip pat gali sumažėti situacijos suvokimas ir padaugėti gedimų (Onnasch et al., 2014).

Kalbant apie užduočių planavimą, kuris yra funkcijų paskirstymo proceso pasekmė, visų pirma reikia pabrėžti žemo darbo kontrolės lygio riziką ir su tuo susijusį žemą kontrolės jausmo lygį, menką pasitenkinimą ir motyvaciją ir blogą savijautą. Didelis robotų autonomijos lygis taip pat siejamas su rizika, kad sumažės kontrolės jausmas, be to, sumažės atsakomybės už darbo užduotį jausmas. Dėl glaudaus darbuotojo susiejimo su robotu atliekama užduotimi kyla rizika, kad padidės stresas.

Visam sąveikos procesui būtų naudingas gerai žinomų projektavimo principų taikymas. Jų nebuvimas siejamas su neigiamu poveikiu. Kai kurių projektavimo principų svarba gali pasikeisti, ypač dėl to, kad siekiant išvengti galimų pavojų, pavyzdžiui, sumažėjusio atsakomybės ir atskaitomybės jausmo, per didelio ar per mažo pasitikėjimo, taip pat atsiribojimo ar kontrolės praradimo jausmo, labai svarbus yra robotų projektavimo ir elgsenos skaidrumo reikalavimas.

Naudojant pažangiąją robotiką, ypač kenksmingoje ir pavojingoje darbo aplinkoje, atsiranda galimybių, apie kurias reikia kalbėti. Robotikos sistemos pirmiausia suteikia galimybę visiškai atsakyti žmogaus dalyvavimo tokioje nepalankioje aplinkoje. Antra, robotikos sistemos gali pagerinti fizinę sveikatą, susijusią su raumenų ir kaulų sistemos sutrikimais, ypač atliekant surinkimo ir kėlimo užduotis. Taip pat paminėtina fizinė rizika arba, pavyzdžiui, rizika susijusi su mechaniniais ar elektros gedimais.

Kalbant apie organizacinį poveikį, ypač svarbus yra įdiegimo procesas, arba pokyčių procesas, susijęs su pažangiųjų robotų diegimu darbo vietoje. Jei šis procesas nebus kruopščiai apgalvotas atsižvelgiant į tinkamą užduočių analizę, darbuotojų dalyvavimą, komunikacijos strategiją ir nuolatinį vertinimo bei stebėsenos procesą, įmonei gresia menkas sistemos priėmimas, atmetimas ir nenaudojimas. Taip pat svarbu tinkamai apmokyti darbuotojus, kad būtų išvengta įgūdžių praradimo ir svarbiausių kompetencijų praradimo rizikos.

Pasitikėjimas itin plačiai nagrinėjamas ŽRS srityje. Gerai žinoma, kad sėkmingam bendradarbiavimui įtakos turi bendradarbiaujančių šalių tarpusavio pasitikėjimas (Costa et al., 2001). Kalbant apie pasitikėjimą, tokios robotų savybės, kaip mobilumas, antropomorfinis ar zoomorfinis dizainas, daugiaryšės sąveikos galimybės ir naudojimas įvairia paskirtimi artimoje ir tolimoje aplinkoje gali reikšti, kad žmonių pasitikėjimas robotais skiriasi nuo pasitikėjimo įprastomis automatizavimo technologijomis

(Hancock et al., 2011; Hancock et al., 2020). Nepakankamas pasitikėjimas robotikos sistema gali turėti neigiamų pasekmių sąveikai. Priešingai nei pasitikėjimo stoka, galima manyti, kad labai didelis pasitikėjimas robotikos sistema turi teigiamą poveikį. Visgi esant per dideliame pasitikėjimui nepaisoma, pavyzdžiui, pareigos rūpintis robotu (Hancock et al., 2011), o tai gali lemti tolesnę žalą arba, pražiūrėjus defektą, darbo priemonės sugadinimą ar žmonių sužalojimą. Jei pasitikėjimo robotu laipsnis atitinka roboto galimybes, bendradarbiavimas gali būti veiksmingas ir saugus (Hancock et al., 2011).

Mums pavyko išsiaiškinti atitinkamus su ŽRS susijusius aspektus, pagal kuriuos nustatyti konkretūs su DSS susiję pavojai ir galimybės. Šios bendresnės DSS pastabos, susijusios su robotikos sistemomis, padeda suprasti, kad, nepriklausomai nuo taikymo aplinkybių, reikėtų atsižvelgti į tam tikrus pagrindinius kriterijus. Net jei atskirų nagrinėjamų aspektų poveikis skirtingose darbo vietose skiriasi, patartina visada į juos atsižvelgti. Šiame kontekste tradicinėms darbo inspekcijoms gali būti labai sunku užtikrinti teisės aktų vykdymą. Siekiant užtikrinti DSS, labai svarbus tikslus ir išsamus technologijos rizikos vertinimas darbo vietoje. Atsižvelgus į DSS riziką ir naudą, pažangiosios robotikos taikymas užduotims automatizuoti bus orientuojamas į žmogų.

Literatūra

- Bakker, A. B., & Demerouti, E. (2007). The job demands-resources model: State of the art. *Journal of Managerial Psychology*, 20 (7), 743–757. doi:[10.1108/02683940710733115](https://doi.org/10.1108/02683940710733115)
- Bordia, P., Hobman, E., Jones, E., Gallois, C., & Callan, V. J. (2004). Uncertainty during organisational change: Types, consequences and management strategies. *Journal of Business and Psychology*, 18 (4), 507–532. doi:[10.1023/B:JOBU.0000028449.99127.f7](https://doi.org/10.1023/B:JOBU.0000028449.99127.f7)
- Costa, A. C., Roe, R. A., & Taillieu, T. (2001). Trust within teams: The relation with performance effectiveness. *European Journal of Work and Organizational Psychology*, 10 (3), 225–244. doi:[10.1080/13594320143000654](https://doi.org/10.1080/13594320143000654)
- Demerouti, E., Bakker, A. B., Nachreiner, F., & Schaufeli, W. B. (2001). The job demands-resources model of burnout. *Journal of Applied Psychology*, 86 (3), 499–512. doi:[10.1037/0021-9010.86.3.499](https://doi.org/10.1037/0021-9010.86.3.499)
- Denault, M. H., Péloquin, F., Lajoie, A. C., & Lacasse, Y. (2019). Automatic versus manual oxygen titration in patients requiring supplemental oxygen in the hospital: A systematic review and meta-analysis. *Respiration*, 98 (2), 178–188. doi:[10.1159/000499119](https://doi.org/10.1159/000499119)
- de Vries, G. J., Gentile, E., Miroudot, S., & Wacker, K. M. (2020). The rise of robots and the fall of routine jobs. *Labour Economics*, 66, Article 101885. doi:[10.1016/j.labeco.2020.101885](https://doi.org/10.1016/j.labeco.2020.101885)
- EU-OSHA – European Agency for Safety and Health at Work, *Advanced robotics, artificial intelligence and the automation of tasks: definitions, uses, policies and strategies and occupational safety and health*, 2022a. Skelbiama adresu: <https://osha.europa.eu/en/publications/advanced-robotics-artificial-intelligence-and-automation-tasks-definitions-uses-policies-and-strategies-and-occupational-safety-and-health>
- Fink, J. (2012). Anthropomorphism and human likeness in the design of robots and human-robot interaction. In *International Conference on Social Robotics* (p. 199–208). Springer. doi:[10.1007/978-3-642-34103-8_20](https://doi.org/10.1007/978-3-642-34103-8_20)
- Finomore, V., Satterfield, K., Sitz, A., Castle, C., Funke, G., Shaw, T., & Funke, M. (2012). Effects of the multi-modal communication tool on communication and change detection for command & control operators. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* (Vol. 56, No 1) (p. 1461–1465). SAGE Publications. doi:[10.77/1071181312561410](https://doi.org/10.77/1071181312561410)
- Fischer, H., Engler, M., & Sauer, S. (2017). A human-centered perspective on software quality: Acceptance criteria for work 4.0. In *International Conference of Design, User Experience, and Usability* (p. 570–583). Springer. doi:[10.1007/978-3-319-58634-2_42](https://doi.org/10.1007/978-3-319-58634-2_42)
- Gagne, M., Koestner, R., & Zuckerman, M. (2000). Facilitating acceptance of organizational change: The importance of self-determination. *Journal of Applied Social Psychology*, 30 (9), 1843–1852. doi:[10.1111/j.1559-1816.2000.tb02471.x](https://doi.org/10.1111/j.1559-1816.2000.tb02471.x)
- 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), 517–527. doi:[10.1177/0018720811417254](https://doi.org/10.1177/0018720811417254)
- 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):1196–1229. doi:[10.1177/001872082092208](https://doi.org/10.1177/001872082092208)
- Honig, S. S., & Oron-Gilad, T. (2018). Understanding and resolving failures in human-robot interaction: Literature review and model development. *Frontiers in Psychology*, 9, Article 861. doi:[10.3389/fpsyg.2018.00861](https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00861)
- Hu, J., Edsinger, A., Lim, Y. J., Donaldson, N., Solano, M., Solocheck, A., & Marchessault, R. (2011). An advanced medical robotic system augmenting healthcare capabilities-robotic nursing assistant. In *2011 IEEE International Conference on Robotics and Automation* (p. 6264–6269). IEEE Press. doi:[10.1109/ICRA.2011.5980213](https://doi.org/10.1109/ICRA.2011.5980213)

- Iqbal, T., Rack, S., & Riek, L. D. (2016). Movement coordination in human–robot teams: A dynamical systems approach. *IEEE Transactions on Robotics*, 32 (4), 909–919. doi:[10.1109/TRO.2016.2570240](https://doi.org/10.1109/TRO.2016.2570240)
- Karasek, R. A. (1979). Job demands, job decision latitude, and mental strain: Implications for job design. *Administrative Science Quarterly*, 24 (2), 285–308. doi:[10.2307/2392498](https://doi.org/10.2307/2392498)
- Karasek, R. A. (1998). Demand/control model: A social, emotional, and physiological approach to stress risk and active behaviour development. In J. M. Stellman (Ed.), *Encyclopaedia of occupational health and safety* (p. 34.06–34.14). International Labour Organisation.
- Kim, J., & Park, C. Y. (2020). Education, skill training, and lifelong learning in the era of technological revolution: A review. *Asian-Pacific Economic Literature*, 34 (2), 3–19. doi:[10.1111/apel.1229](https://doi.org/10.1111/apel.1229)
- Kozak, M., Kozak, S., Kozakova, A., & Martinak, D. (2020). Is fear of robots stealing jobs haunting European workers? A multilevel study of automation insecurity in the EU. *IFAC-PapersOnLine*, 53 (2), 17493–17498. doi:[10.1016/j.ifacol.2020.12.2160](https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2020.12.2160)
- Kyrrarini, M., Lygerakis, F., Rajavenkatanarayanan, A., Sevastopoulos, C., Nambiappan, H. R., Chaitanya, K. K., & Makedon, F. (2021). A survey of robots in healthcare. *Technologies*, 9 (1), Article 8. doi:[10.3390/technologies9010008](https://doi.org/10.3390/technologies9010008)
- Manolesou, D. G., Georgiopoulos, G., Lazaris, A. M., Schizas, D., Stamatelopoulos, K. S., Khir, A. W., & Papaioannou, T. G. (2021). Experimental devices versus hand-sewn anastomosis of the aorta: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Surgical Research*, 258, 200–212. doi:[10.1016/j.jss.2020.08.060](https://doi.org/10.1016/j.jss.2020.08.060)
- Matheson, E., Minto, R., Zampieri, E. G., Faccio, M., & Rosati, G. (2019). Human–robot collaboration in manufacturing applications: A review. *Robotics*, 8 (4), Article 100. doi:[10.3390/robotics804010](https://doi.org/10.3390/robotics804010)
- Nomura, T., Suzuki, T., Kanda, T., Yamada, S., & Kato, K. (2011). Attitudes toward robots and factors influencing them. In K. Dautenhahn & J. Saunders (Eds), *New frontiers in human-robot interaction* (p. 73–88). John Benjamins Publishing Company. doi:[10.1075/ais.2.06nom](https://doi.org/10.1075/ais.2.06nom)
- Onnasch, L., Wickens, C. D., Li, H., & Manzey, D. (2014). Human performance consequences of stages and levels of automation: An integrated meta-analysis. *Human Factors*, 56 (3), 476–488. doi:[10.1518/107118110X1282936920199](https://doi.org/10.1518/107118110X1282936920199)
- 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, Article 105656. doi:[10.1016/j.aap.2020.105656](https://doi.org/10.1016/j.aap.2020.105656)
- Parasuraman, R., & Manzey, D. H. (2010). Complacency and bias in human use of automation: An attentional integration. *Human Factors*, 52 (3), 381–410. doi:[10.1177/0018720810376055](https://doi.org/10.1177/0018720810376055)
- Plotnikov, N. S., Kolokoltseva, E. U., & Volkova, Y. V. (2020). Technical review of robotic complexes for underground mining. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 459, No 4) (Article 042025). IOP Publishing. doi:[10.1088/1755-1315/459/4/04202](https://doi.org/10.1088/1755-1315/459/4/04202)
- Raza, M., Malik, A. A., & Bilberg, A. (2021). Virtual Modeling as a Safety Assessment Tool for a Collaborative Robot (Cobot) Work Cell Based on ISO/TS 15066: 2016. In *Towards Sustainable Customization: Bridging Smart Products and Manufacturing Systems*, 233–241. doi:[10.1007/978-3-030-90700-6_26](https://doi.org/10.1007/978-3-030-90700-6_26)
- Reichert, A. R., & Tauchmann, H. (2011). The causal impact of fear of unemployment on psychological health. *Ruhr Economic Papers*, No 266. <http://hdl.handle.net/10419/61355>
- Robelski, S., & Wischniewski, S. (2018). Human-machine interaction and health at work: A scoping review. *International Journal of Human Factors and Ergonomics*, 5 (2), 93–110. doi:[10.1504/IJHFE.2018.092226](https://doi.org/10.1504/IJHFE.2018.092226)
- Roesler, E., Onnasch, L., & Majer, J. I. (2020). The effect of anthropomorphism and failure comprehensibility on human-robot trust. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* (Vol. 64, No 1) (p. 107–111). SAGE Publications. doi:[10.1177/1071181320641028](https://doi.org/10.1177/1071181320641028)

- Rosen, P. H., Sommer, S., & Wischniewski, S. (2018). Evaluation of human-robot interaction quality: A toolkit for workplace design. In *Proceeding of the 20th Congress of the International Ergonomics Association* (p. 1649–1662). Springer. doi:[10.1007/978-3-319-96071-5_169](https://doi.org/10.1007/978-3-319-96071-5_169)
- Sanders, T., Kaplan, A., Koch, R., Schwartz, M., & Hancock, P. A. (2019). The relationship between trust and use choice in human-robot interaction. *Human Factors*, 61 (4), 614–626. doi:[10.1177/0018720818816838](https://doi.org/10.1177/0018720818816838)
- Sen, A., Sanjog, J., & Karmakar, S. (2020). A comprehensive review of work-related musculoskeletal disorders in the mining sector and scope for ergonomics design interventions. *IJSE Transactions on Occupational Ergonomics and Human Factors*, 8 (3), 113–131. doi:[10.1080/24725838.2020.1843564](https://doi.org/10.1080/24725838.2020.1843564)
- Stone, R. T., Pujari, S., Mumani, A., Fales, C., & Ameen, M. (2021, September). Cobot And Robot Risk Assessment (CARRA) method: an Automation Level-Based Safety Assessment Tool to Improve Fluency in Safe Human Cobot/Robot Interaction. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 65 (1), 737–741. doi:[10.1177/1071181321651024](https://doi.org/10.1177/1071181321651024)
- Spector, P. E. (1998). A control theory of the job stress process. In C. L. Cooper (Ed), *Theories of organizational stress* (p. 153–169). Oxford University Press.
- Terminio, R., & Rimbau Gilabert, E. (2018). The digitalization of the working environment: The advent of robotics, automation and artificial intelligence (RAAI) from the employees perspective - A scoping review. In M. Coeckelbergh, J. Loh, M. Funk, & J. Seibt, & M. Nørskov (Eds), *Envisioning robots in society - Power, politics and public space* (p. 166–176). IOS Press. doi:[10.3233/978-1-61499-931-7-166](https://doi.org/10.3233/978-1-61499-931-7-166)
- Viswesvaran, C., Sanchez, J. I., & Fisher, J. (1999). The role of social support in the process of work stress: A meta-analysis. *Journal of Vocational Behavior*, 54 (2), 314–334. doi:[10.1006/jybe.1998.1661](https://doi.org/10.1006/jybe.1998.1661)
- Złotowski, J., Proudfoot, D., Yogeewaran, K., & Bartneck, C. (2015). Anthropomorphism: Opportunities and challenges in human–robot interaction. *International Journal of Social Robotics*, 7 (3), 347–360. doi:[10.1007/s12369-014-0267-6](https://doi.org/10.1007/s12369-014-0267-6)

Europos darbuotojų saugos ir sveikatos agentūra (EU-OSHA) padeda užtikrinti, kad Europa taptų saugesne, sveikesne ir našesne vieta dirbti. Agentūra tiria, renka ir platina patikimą, apibendrintą ir objektyvią informaciją apie darbuotojų saugą ir sveikatą ir rengia informuotumo didinimo kampanijas visoje Europoje. 1994 m. Europos Sąjungos įsteigta agentūra įsikūrusi Bilbao mieste, Ispanijoje. Čia bendradarbiauja Europos Komisijos, valstybių narių vyriausybės, darbdavių ir darbuotojų organizacijų atstovai ir geriausi visų ES valstybių narių ir kitų šalių specialistai.

Europos darbuotojų saugos ir sveikatos agentūra

Santiago de Compostela 12

48003 Bilbao, Ispanija

E. paštas information@osha.europa.eu

<https://osha.europa.eu>